

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ –
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

Hornicko-geologická fakulta
Institut environmentálního inženýrství



**Kontaminace ovzduší Moravskoslezského
kraje nanočásticemi**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor:
Vedoucí diplomové práce:

Bc. Zdeňka Kaličáková
prof. RNDr. Pavel Danihelka, CSc.

Ostrava 2012

VŠB – TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA
FACULTY OF MINING AND GEOLOGY
Institute of environmental engineering



Air contamination of Moravia-Silesia region by nanoparticles

THESIS

Author:
Supervisor:

Bc. Zdeňka Kaličáková
prof. RNDr. Pavel Danihelka, CSc.

Ostrava 2012

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá kontaminací ovzduší Moravskoslezského kraje nanočásticemi. V úvodní části je popsána problematika nanočástic v ovzduší a její potenciální dopad na životní prostředí. V těchto kapitolách jsou zmíněné základní charakteristiky nanočástic a jejich negativní vliv na člověka, organismy a vegetaci. Hlavní částí diplomové práce je vyhodnocení získaných naměřených hodnot z dvou odlišných lokalit a jejich následné srovnání.

Klíčová slova: nanočástice, prachové částice, aerosol, Moravskoslezský kraj, kontaminace

ABSTRACT

This thesis is about air contamination by nanoparticles in Moravian. In the introductory section describes the issue of nanoparticles in air and the potential impact on the environment. In these chapters are mentioned basic characteristics of nanoparticles and their negative influence on human organisms and vegetation. The main part of this thesis is to evaluate the measured values which were obtained from two different cities and their subsequent comparison.

Keywords: nanoparticles, particulate matter, aerosol, Moravian-Silesian region, contamination

Prohlášení

- Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

- Byla jsem seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).

- Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

- Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 26. 4. 2012

Bc. Zdeňka Kaličáková

Poděkování

Chtěla bych poděkovat vedoucímu své diplomové práce prof. RNDr. Pavlu Danihelkovi, CSc. za cenné rady a připomínky. A dále bych chtěla poděkovat Ing. Vladimírovi Míčkovi a Ing. Karlu Lachovi, Csc. za věnovaný čas a poskytnuté informace.

OBSAH

1	ÚVOD.....	1
2	PROBLEMATIKA NANOČÁSTIC V OVZDUŠÍ A JEJICH POTENCIÁLNÍ DOPAD NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	2
2.1	Nanočástice	2
2.2	Nanočástice přírodního původu	4
2.3	Historie nanočástic v ovzduší.....	5
2.4	Kontaminace tuhými částicemi	6
2.4.1	Prachové částice PM ₁₀ , PM _{2,5} , PM _{1,0}	6
2.5	Antropogenní zdroje nanočástic.....	8
2.5.1	Doprava.....	9
2.5.2	Kouření	10
2.6	Účinek nanočástic na lidské zdraví	10
2.7	Účinek nanočástic na živé organismy	12
2.8	Účinek nanočástic na vegetaci	12
3	MĚŘENÍ AEROSOLŮ V OVZDUŠÍ SE ZAMĚŘENÍM NA NANOČÁSTICE A JEJICH STANOVENÍ	14
3.1	Přístroje měřící na principu urychlení aerosolových částic v ovzduší.....	14
3.1.1	Elektrický nízkotlaký impaktor (ELPI)	14
3.2	Elektronový mikroskop	16
3.2.1	Skenovací elektronový mikroskop (SEM).....	16
3.2.2	Transmisní elektronový mikroskop (TEM)	17
3.3	Mikroskopie skenující sondou (SPM).....	18
3.3.1	Mikroskopie atomárních sil (AFM)	19
3.4	Princip přístroje měřící pohyblivost v elektrickém poli.....	20
3.4.1	Skenovací třídič pohyblivosti částic (SMPS)	20
4	STRATEGIE MĚŘENÍ.....	22
5	REALIZACE.....	23
5.1	Popis lokalit.....	23
5.2	Postup odběru vzorků.....	25
5.3	Přístroje použité k odběru vzorků	25
6	VÝSLEDKY A DÍKUZE	35

7 ZÁVĚR	66
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	67
SEZNAM OBRÁZKŮ	73
SEZNAM TABULEK.....	74
SEZNAM GRAFŮ	75
PŘÍLOHA	78

Seznam zkratek

μm	mikrometr-délková míra
nm	nanometr-délková míra
PM	prachové částice
SiO_2	oxid křemičitý
TiO_2	oxid titaničitý
WHO	Světová zdravotnická organizace
K	Kelvin
Pa	Pascal
pH	vodíkový exponent
SO_2	oxid siřičitý
$\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	mikrogram na metr krychlový
$\text{část.}/\text{cm}^3$	částice na centimetr krychlový
ZÚOVA	Zdravotní ústav Ostrava

1 ÚVOD

Pojem nanočástice se v poslední době dostává do popředí zájmu moderní vědy. Nanočástice jsou částice menší velikosti než 100 nm. Nanometr je miliardtina metru. Tato velikost nanočástice je těžko představitelná a proto je lepší ji přiblížit na běžných příkladech. Nanometr je asi 100 000 krát menší než průměr lidského vlasu nebo tloušťky listu papíru.

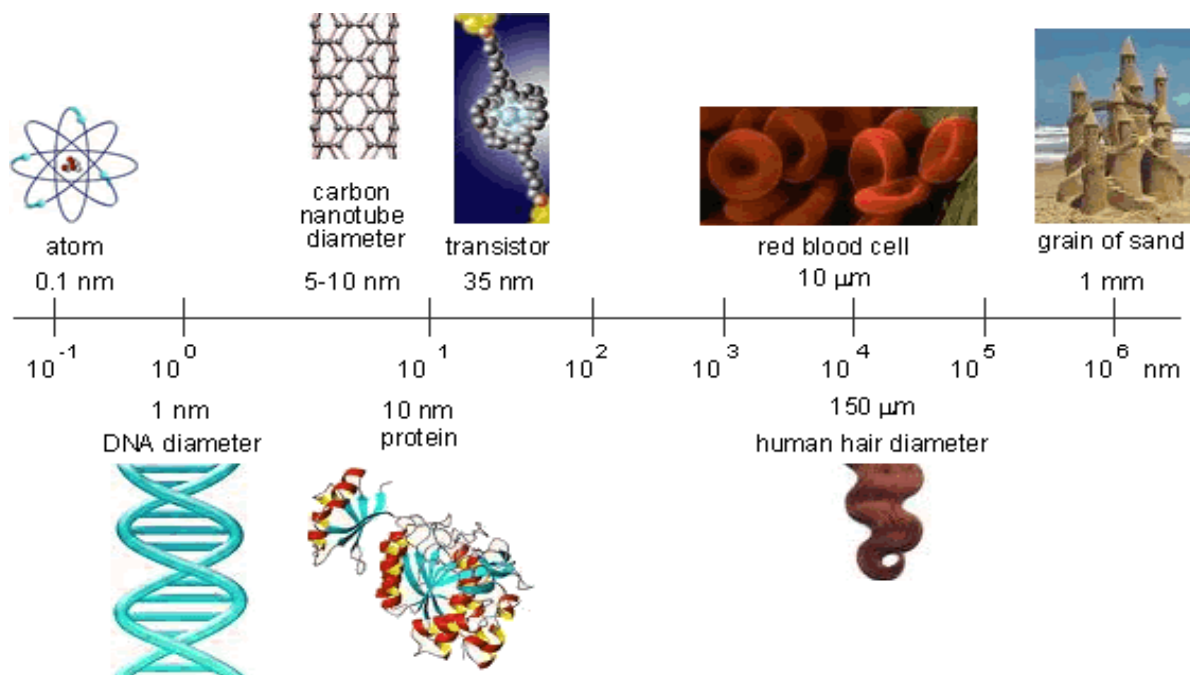
Kontaminace ovzduší nanočásticemi je nově se objevujícím problémem souvisejícím s produkcí nanočástic. Týká se to především, neúmyslné produkce těchto částic vzniklých antropogenní činností. Tyto částice nanometrických rozměrů, podílející se na znečištění ovzduší, jsou považovány za jedno z nejvýznamnějších přispěvatelů ke globálním ekologickým zátěžím.

Cílem práce je provést úvodní studii kontaminace ovzduší Moravskoslezského regionu částicemi a porovnat kontaminaci nanočásticemi s kontaminací PM_{10} a $PM_{2,5}$.

2 PROBLEMATIKA NANOČÁSTIC V OVZDUŠÍ A JEJICH POTENCIÁLNÍ DOPAD NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

2.1 Nanočástice

Podle Karla Kloudy jsou nanočástice tuhé látky, které mají alespoň jeden rozměr menší než 100 nm. Pokud splňují nanočástice tuto podmínku, mohou být izometrické (všechny tři rozměry jsou pod 100 nm), dále mohou mít vlásečnicovitý tvar (mají dva rozměry pod 100 nm) nebo mají tvar vrstev (jeden jejich rozměr je pod 100 nm) [1]. Na obrázku číslo 1 je graficky znázorněné nanoměřítko s materiály různých velikostí, se kterými se běžně setkáváme v životě.

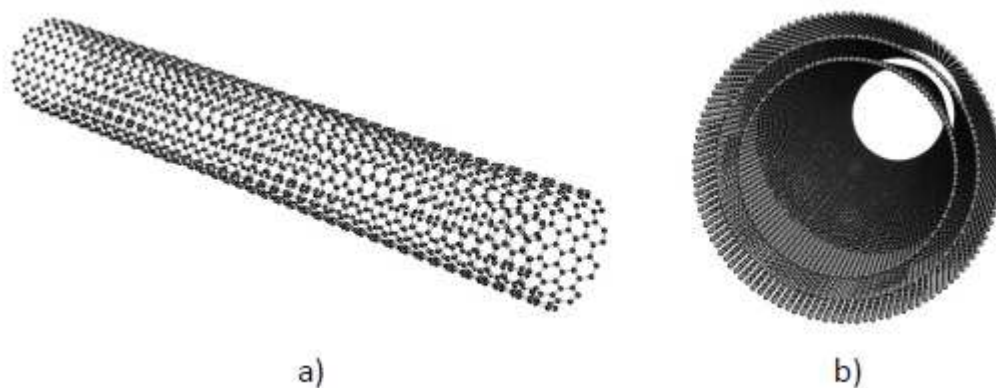


Obr. č. 1: Nanoměřítko [2].

Další definicí nanočástic jsou podle normy přijaté Evropskou komisí na základě vědeckých doporučení stanoveny jednotně: „Nanočástice jsou charakterizovány velikostí od cca 1 nm do cca 100 nm alespoň v jednom směru a určitým prostorovým uspořádáním, mohou vytvářet nanodrátky, nanotrubičky, nanokompozity, keramické nebo jiné tenké filmy nebo vrstvy.“ [3].

Nanodráték má uplatnění jako spojovací element aktivních komponentů v nanostrojích [4].

Mezi nanotrubičky patří uhlíkové nanotrubičky, které jsou uměle vytvořené trubičky velikosti od 1 nm do 100 nm. Používají se k výrobě velmi pevných a zároveň lehkých kompozitních materiálů a tkanin. Nanotrubičky se dělí na dvě velké skupiny: jednovrstvé uhlíkové trubičky, vícevrstvé uhlíkové trubičky. Na obrázku číslo 2a) je zobrazena jednovrstvá uhlíková trubička a na obrázku číslo 2b) je zobrazena vícevrstvá uhlíková trubička [5] [6].



Obrázek č. 2: a) Jednovrstvá uhlíková trubice, b) Vícevrstvá uhlíková trubice [5].

Nanokompozity jsou materiály, které jsou složeny ze dvou nebo více různých složek, z nichž alespoň jedna se v materiálu vyskytuje ve formě částic o velikosti nanomateriálu. Většinou jde o nanočástice aktivní látky rovnoměrně rozptýlené v inertní matici jako je SiO_2 , TiO_2 . Inertní matrice nese a pevně spojuje jednotlivé nanočástice a brání přímému kontaktu mezi sebou. Nanokompozitory mají široké použití, ukládají informace, magneticky chladí, různé senzory a mnoho dalších využití [7].

Vlastnosti nanočástic se značně liší od větších částic hmoty, větších než 1 mikrometr. Důležitou vlastností nanočástic je zvýšení poměru plochy povrchu k objemu

částic nanomateriálů. Z čehož vyplývá, že počet atomů, které tvoří povrch nanočástic je větší než počet atomů uvnitř nanočástice. Fyzikálně chemické vlastnosti pevných látek se na jeho povrchu a uvnitř materiálu liší. Charakteristické pro nanočástice jsou počáteční fyzikálně chemické vlastnosti převládající nad vlastnostmi daného materiálu. Částice nanometrických parametrů se chová jako by byla tvořena jen povrchem. Podstatným úkazem tohoto procesu je zvýšení chemické reaktivity, což má dopad i na změny toxicity [8] [9].

Nanočástice nejrůznější povahy se do ovzduší dostávají přírodními procesy, které jsou zmíněny v následující kapitole.

2.2 Nanočástice přírodního původu

Nanočástice se v přírodě vyskytují ve velké míře. Na jejich vzniku se podílejí přírodní procesy. Mezi přírodní zdroje nanočástic patří eroze, požáry nebo fotochemické reakce a další. Přírodním zdrojem pevných částic ve velikosti nanometrů je sopečná činnost. Při výbuchu sopky, dojde k vstupu popela a plynu, obsahující pevné částice o velikosti nanometrů až mikronů do atmosféry, mohou být vneseny až do výšky 18000 metrů po dobu dnů až týdnů. Množství částic je obrovské, při jednom sopečném výbuchu může být vnášeno až 30 milionů tun popílku. Sopečný popel, který dosáhne horní troposféry a stratosféry může být rozšířen po celém světě. Primární účinek znečišťujících látek v horní atmosféře je blokování a rozptyl záření ze slunce. Následkem toho dochází k transportu na velké vzdálenosti od zdroje znečištění a kontaminují rozsáhlé oblasti [10] [11].

Velice významným zdrojem znečištění jsou prachové bouře, které jsou pravděpodobně 50% nanometrických částic troposféry pocházejících z pouště. Meteorologická pozorování a modelování identifikovala hlavní příčiny vzniku těchto částic. Mezi ně patří např. mořská sůl, písek z pouště Gobi a Sahary [12].

Dalším zdrojem nanočástic jsou lesní požáry, které řadíme mezi spalovací procesy. Tyto zdroje jsou dlouho součástí přírodní historie Země, jsou primárně zapříčiněny úderem blesku. Popel a kouř se může šířit do několika tisíc čtverečních kilometrů a zvýšit, tak obsah nanočástic v ovzduší [12].

Velké množství aerosolů mořské soli je emitováno z oceánů a moří celého světa. Tyto aerosoly vznikají odpařováním vody a při vzniku vln, z kterých se rozprašují vodní kapky do ovzduší. Nanočástice se mohou tvořit také na vodních plochách prostřednictvím srážek, v důsledku odpařování a teplotních změn [12].

2.3 Historie nanočástic v ovzduší

S nanočásticemi se člověk setkává odpradáвна. Již pračlověk vdechoval nanočástice z požárů a sopečných erupcí. Ve 4. století skláři přidávali do skel pro dosažení rozmanitých barevných efektů různé látky velikosti nanometrů. Z využívaných látek bylo použito zlato, stříbro nebo selen a mnoho dalších látek. Historicky významným objevem ve 13. století až 16. století jsou lesklé glazované keramiky. Jejich analýzou bylo zjištěno, že film obsahuje stříbrné nanokrystaly [8] [13].

Do druhé poloviny 20. století se zapsal jeden z prvních průkopníků nanotechnologií Richard Phillips Feynman. Světu představil svou vizi o nanotechnologiích a o jejích možnostech praktického využití. Ve své přednášce „There is plenty of room at the bottom“ (Tam dole je spousta místa) v roce 1959 položil řečnickou otázku: „Proč ještě neumíme zapsat všech dvacet čtyři svazků Encyklopedie Britanniky na špendlíkovou hlavičku?“ Na své přednášce vyslovil možnost manipulace s molekulami a atomy. Posléze nazýval tento obor mikrotechnologií. Ve své době ho považovali za fantastu, dnes je na jeho počest každoročně udělována Feynmanova cena za přínos v oboru nanotechnologií [14].

Koncem 20. století probíhaly výzkumy orientované na poznávání vlastností základních stavebních prvků hmoty a jevů projevujících se na atomové a molekulární úrovni. Hlavní zájem byl tedy orientován na poznání způsobů, jakými příroda vytváří rozmanité struktury. Pokrok šel stále více dopředu, od výroby čipů velké integrace s rozměry 100 nm, přes obrábění povrchů s přesností na nanometry, až po využití nanostruktur v medicíně a biotechnologiích. A tak se zrodil nový interdisciplinární obor – nanotechnologie [13].

Historie měření nanočástic započala, když člověk začal nejprve měřit tuhé látky, které znečišťovaly ovzduší. Posléze se člověk naučil měřit mikročástice. První z mikročástic, které člověk naměřil, byly mikročástice PM₁₀. Pak zjistil, že existují PM_{2,5} a

ty se naučil měřit. Mikročástice PM_1 byly nejmenší z prachových částic, kterou člověk naměřil. Koncem 18. století člověk začal měřit částice velikost 10 nm až 100 nm a nazval je nanočásticemi.

2.4 Kontaminace tuhými částicemi

Poléťavé tuhé částice jsou drobné pevné či kapalné částice, které jsou, tak malé, že mohou být unášeny vzduchem [15].

2.4.1 Prachové částice PM_{10} , $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

Atmosférický aerosol je soubor tuhých, kapalných nebo směsných částic a velikosti od 1 nm do 100 μm . Z hlediska zdravotního působení je tento aerosol definován do velikostní skupiny aerosolu označovaného jako PM (Particulate Matter). Prachové částice se rozlišují na částice o velikosti 10 μm (PM_{10}), 2,5 μm ($PM_{2,5}$) a částice menší než 1 μm (PM_1). PM vznikají především lidskou činností. Nejvýznamnější antropogenní zdroje prachových částic se rozdělují na:

- odnos částic větrem ze stavebních ploch či ploch bez vegetace
- cementárny, vápenky, lomy a těžba
- vysokoteplotní procesy, spalovací (v elektrárnách, tavení rud, sváření, automobilových motorech) [16] [17].

Podle Světové zdravotní organizace WHO zásady kvality ovzduší říkají, aby se zabránilo poškození zdraví, musí se v těchto zemích podstatně snížit globální břemeno nemocí z respiračních a srdečních onemocnění a také rakoviny plic. Například snížením znečištění částicemi PM_{10} 70 - 20 $\mu g/m^3$ můžeme snížit úmrtnost přibližně o 15%. Jak vyplývá z výše uvedených skutečností, znečištění ovzduší je hlavním problémem životního prostředí a zdraví, ovlivňuje každého z nás [18].

Vědci považují částice $PM_{2,5}$ za více škodlivé, protože mohou při vdechnutí dosáhnout okrajové oblasti průdušinek. Usazují se hluboko v plicích, blokují reprodukci buněk a způsobují respirační nemoci. Frakce $PM_{2,5}$ zvyšuje škodlivé účinky SO_2 a tím stoupá i náchylnost k chronickým onemocněním respiračního traktu. Chronická expozice

částic přispívá k riziku vzniku kardiovaskulárních a od onemocnění dýchacích cest a také rakoviny plic. Působení škodlivin ze spalování pevných paliv uvnitř nebo tradiční kamna zvyšují riziko akutních infekcí dolních cest dýchacích a souvisí s úmrtností malých dětí [10] [19].

Trvale zvýšené imisní koncentrace prachových částic PM_{10} a $PM_{2,5}$, představují jeden z největších současných problémů v oblasti zhoršené kvality ovzduší v České republice [26]. Dlouhodobé vystavení prachovým částicím zkracuje očekávanou délku života, protože způsobuje onemocnění srdečními a plicními chorobami. Poslední studie ukazují i na možný vznik zejména rakoviny plic. Nebezpečnost PM nespočívá jen v jejich mechanických vlastnostech, ale i v obsahu řady rizikových organických a anorganických polutantů, které se na ně vážou. Navíc poznatky z posledních několika let ukazují, že i nižší koncentrace PM než jsou stanovené limity, mohou vyvolávat poškození zdraví člověka a to zejména při dlouhodobé expozici. Nezanedbatelné jsou i změny v imunitním systému člověka, vyvolané také přítomností PM v ovzduší. V důsledku toho může docházet k poškození autoimunity a alergické reakci [20].

Více než polovinu zátěží ze znečištění ovzduší na lidské zdraví nesou lidé v rozvojových zemích. V mnoha městech jsou roční průměrné hladiny PM_{10} s aerodynamickým průměrem rovným nebo menším než $10 \mu m$ překročeny. V České republice je daný denní imisní limit pro znečištění ovzduší PM $50 \mu g \cdot cm^{-3}$. Překročení tohoto limitu může být překročeno maximálně 35 dní v roce. V Moravskoslezském kraji v Ostravě je tento limit překročen přes 100 dní v roce [13] [17].

V zákoně o ochraně ovzduší č. 86/2002 Sb. jsou definovány přípustné úrovně znečištění ovzduší, přípustné četnosti jejich překročení a požadavky na sledování kvality ovzduší. V tabulce číslo 1 jsou imisní limity vybraných znečišťujících látek a přípustné četnosti jejich překročení. Hodnoty imisních limitů jsou vyjádřeny v $\mu g \cdot m^{-3}$ a vztahují se na standardní podmínky - objem přepočtený na teplotu 293,15 K a atmosférický tlak 101,325 kPa [21].

Tabulka č. 1 : Imisní limity vybraných znečišťujících látek a přípustné četnosti jejich překročení [21].

Znečišťující látka	Doba průměrování	Imisní limit	Přípustná četnost překročení za kalendářní rok
Oxid siřičitý	1 hodina	350 $\mu\text{g.m}^{-3}$	24
Oxid siřičitý	24 hodin	125 $\mu\text{g.m}^{-3}$	3
Oxid uhelný	maximální denní osmihodinový průměr ³⁾	10 mg.m^{-3}	-
PM ₁₀	24 hodin	50 $\mu\text{g.m}^{-3}$	35
PM ₁₀	1 kalendářní rok	40 $\mu\text{g.m}^{-3}$	-
Olovo	1 kalendářní rok	0,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$	-

V tabulce číslo 2 jsou cílové imisní limity a dlouhodobé imisní cíle vycházející ze zákona o ochraně ovzduší č. 86/2002 Sb. [21].

Tabulka č. 2: Cílové imisní limity vybraných znečišťujících látek vyhlášené pro ochranu zdraví lidí [21].

Znečišťující látka	Doba průměrování	Cílový imisní limit ³⁾
Arsen	1 kalendářní rok	6 ng.m^{-3}
Kadmium	1 kalendářní rok	5 ng.m^{-3}
Nikl	1 kalendářní rok	20 ng.m^{-3}
Bezo(a)pyren	1 kalendářní rok	1 ng.m^{-3}

2.5 Antropogenní zdroje nanočástic

Mezi hlavní antropogenní zdroje emitující nanočástice do ovzduší patří spalovací procesy, jak zdroje stacionární při výrobě tepla a elektřiny, tak mobilní (doprava). Dalšími zdroji jsou různé průmyslové procesy, například stavební činnosti a zemědělství [22] [10].

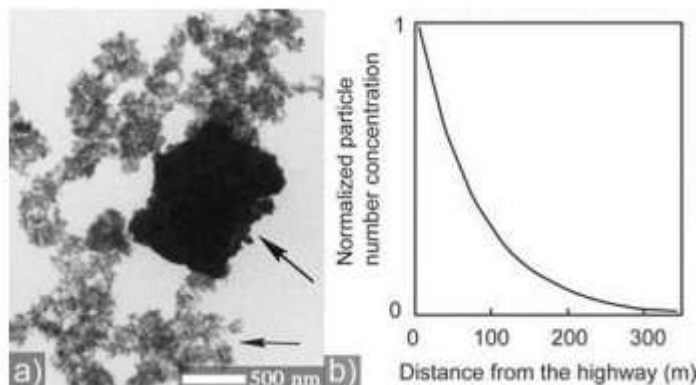
Nanočástice jsou vyráběny uměle s cílem konkrétně je využít v nejrůznějších oblastech anebo vznikají nechtěně jako vedlejší produkty při fyzikálních, chemických či termických procesech. Problematika nanočástic spočívá v rychlém růstu používání nejrozmanitějších nanomateriálů v mnoha oborech jako je textilní, potravinářský, farmaceutický či automobilový průmysl a mnoho dalších. Zatím, co již zmíněné nanomateriály byly na trhu už delší dobu a jsou běžně používány, tak v kosmetice,

sportovních potřebách, oděvech odolných vůči znečištění jsou tyto nanomateriály nové a zaměřené na výrobu nanočástic [23] [24].

Další problém vzniká v zanedbání bezpečnostních standardů vycházející z limitních hodnot pro látky, z nichž jsou nanomateriály složeny. Chybou je opomenutí faktu, že od větších částic se nanočástice projevují ve snadném pronikání do orgánů a tkání.[23].

2.5.1 Doprava

V městských oblastech je hlavním zdrojem nanočástic emitovaných do ovzduší automobilová doprava. Většina částic z výfukových plynů je velikosti od 20 nm až 130 nm. Na obrázku číslo 3a) jsou ukázány typické částice z výfukových plynů a na obrázku číslo 3b) je grafické znázornění koncentrace částic klesajících exponenciálně se vzdáleností mobilního zdroje od dálnice. Pro vznětové motory se velikost nanočástic pohybuje v rozmezí 20 nm až 60 nm především kulovitých tvarů [23]. Největší podíl na znečištění ovzduší z automobilové dopravy má především dieselový motor. Podobně jako produkty dieselových produktů se chovají i produkty tryskových motorů letadel. Produkty tryskových motorů se také podílejí na znečištění ovzduší. Rozdíl mezi produkty automobilových dieselových motorů a motorů tryskových letadel je ve výšce. Může dojít ke koagulaci za dobu spádu těchto částic do větších celků s menší toxicitou. Koagulace může urychlit odstranění nanočástic. Avšak proudění vzduchu může nanočástice udržovat po dlouhou dobu suspendování v atmosféře [10].



Obrázek č. 3 : a) Typické částice z výfukových plynů, b) Grafické znázornění koncentrace částic klesajících exponenciálně se vzdáleností mobilního zdroje od dálnice [25].

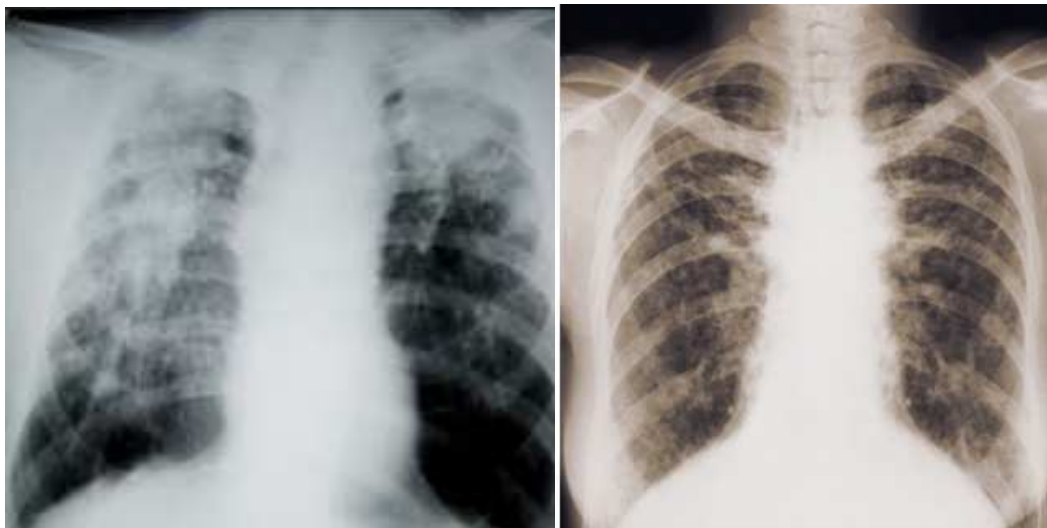
2.5.2 Kouření

Dalším zdrojem nanočástic emitovaných do ovzduší je kouření. Patří zde kouření cigaret a dýmek. Tabákový kouř se skládá z nanočástic od velikosti 10 nm a z více než 4000 chemických látek. Látky obsažené v kouři se rozčleňují do několika skupin: pyrimidinové alkaloidy respektive nikotin, toxické plyny, polycyklické aromatické uhlovodíky, těžké kovy a pevné částice. Tabákový kouř obsahuje toxické, mutagenní a karcinogenní látky. Mezi toxické látky patří amoniak, oxid uhelnatý, formaldehyd, kyanid, nikotin, oxidy dusíku, fenol a oxidy síry. Aktivní kuřák je méně vystaven nebezpečným látkám při přímém vdechování kouře, neboť dochází k zachycení části látek na filtr cigaret. Kouři, který je uvolňován do prostředí mezi dvěma potáhnutími, je vystaven stejně pasivní kuřák, tak jako kuřák kouřící dýmku [11] [25].

2.6 Účinek nanočástic na lidské zdraví

Dýchání je nejvýznamnější cestou pro vstup nanočástic do organismu. Při vdechování částic menších než 100 nm dochází k jejich zachycení na sliznici. Plíce jsou nejvíce postiženým orgánem z hlediska množství uchovaného materiálu. Inhalování těchto částic je jednou z hlavních příčin plicního onemocnění u lidí. Inhalací minerálního prachu nanometrických velikostí může dojít ke vzniku pneumokoniózy, což má za následek chronické záněty v plicích. Toto onemocnění je označováno za nemoc vzniklou z povolání

stejně jako silikóza vzniklá z uhlého prachu. Na obrázku číslo 4 je rentgenový snímek zobrazující zdravé a nemocné plíce postižené silikózou [10] [26].



Obr. č. 4: Na levém obrázku je rentgenový snímek komplikované silikózy. Na pravém obrázku je rentgenový snímek zdravých plic [26] [27].

Cigaretový kouř je spojen se zvýšeným rizikem chronického onemocnění dýchacích cest včetně rakoviny plic nebo kardiovaskulárních onemocnění. Děti vystavené cigaretovému kouři podléhají zvýšenému riziku syndromu náhlého úmrtí kojenců nebo astmatu či zánětu středního ucha. Bylo zjištěno, že riziko infarktu myokardu se snižuje výrazně do dvou let po zanechání kouření [25].

Další příklad negativního vlivu inhalovaných částic na zdraví člověka souvisí se znečištěním venkovní atmosféry kouřem z domácího i průmyslového spalování uhlí. Toto znečištění významně přispívá k úmrtnosti obyvatelstva. V podmínkách městských aglomerací byly průmyslové zdroje znečištění nahrazeny dopravními prostředky, které jsou hlavním zdrojem znečištění vzduchu mikro- a nano- částicemi, zejména při spalování v dieselových motorech a sekundárně v důsledku chemických reakcí v atmosféře s plynnými produkty spalování. Částicové polutanty se podílejí na respiračních nemocech, jako je zápal plic a astma [10] [26].

Zvláštní riziko představují nanočástice ve formě aerosolů. Podle nejnovějších odhadů se lidský faktor podílí na vzniku více než 50% z celkového produkovaného množství aerosolů. Při vdechování aerosolu nanočástic vede k jejich depozici v dýchacím

ústrojí člověka, takže lze předpokládat, že dojde k transportu nanočástic do dalších orgánů [8] [28].

2.7 Účinek nanočástic na živé organismy

Částice nanometrických velikostí mohou představovat pro živé organismy jistý stresový faktor v případě, kdy kromě povrchové aktivity disponují schopností ovlivnit některé z buněčných dějů. Mezi tyto děje se zařazují například nanočástice železa nulové valence působící silný oxidativní stres. Rozlišuje se velká různorodost materiálů, z nichž jsou nanočástice vyráběny, což značně ovlivňuje účinky na živé organismy. Při laboratorních pokusech byly uhlíkové nanotrubky zaváděny do břišní dutiny myši domácí. Jednoznačně bylo prokázáno, že tyto nanočástice mohou způsobovat rakovinu. Tyto uhlíkové nanotrubky dokáží pronikat nervovou soustavou některých mořských živočichů a mohou jim způsobit různé zdravotní komplikace. Působení nanočástic na organismy má za následek, jak zvýšenou karcinogenitu a mutagenitu, tak i podporu tvorby volných kyslíkových radikálů. Tuto schopnost mají především prostřednictvím svého velkého povrchu a tím související reaktivitou. Jako volné radikály označujeme sloučeniny kyslíku, vzniklé jako vedlejší produkt buněčného metabolismu. Tyto molekuly mají jeden nebo více volných elektronů, velmi často tvoří vazby s biomolekulami, tím se mění jejich biologická aktivita. Takové molekuly jsou velmi reaktivní [30].

2.8 Účinek nanočástic na vegetaci

Usazování nanočástic na povrchu vegetace je ovlivňováno velikostí částic a jejich chemické složení způsobuje snížení toku fotonů potřebných k fotosyntéze. Pokrytí vegetace například při písečné bouři způsobuje jejich mechanické poškození. Významnější je však chemické působení a to alkalické a kyselé. Tyto alkalické a kyselé sloučeniny mohou způsobit poškození listů. Například nárůst hodnot pH až k hodnotě 12 může být způsobeno cementačním prachem. Tím je způsobena hydrolyza vosků a lipidů a dochází k průniku přes kutikulu a k změnám vlastností proteinů v listech. Toxicita nanočástic závisí na jejich vlastnostech, druhu rostliny do které vstupují a na okolních podmínkách [22] [29].

Negativním účinkem může být ovlivněná fylosféra rostlin, jedná se o společenstva, která žijí na povrchu těl rostlin a rozkládají dopadené látky, při narušení může dojít k zpomalení propustnosti některým látek pro rostliny. Další vliv probíhá prostřednictvím půdy, nastává poškozování rhizosféry, čili povrchu kořenové soustavy. Zde dochází k ovlivňování bakterií potřebných k získávání živin [22].

Také jsou ovlivňovány houby, jež se spolupodílejí na mykorhize, při které se dodává rostlinám voda a v ní rozpuštěné minerální látky potřebné pro její růst. Uvolňování fytotoxického hliníku je závislé na pH půdy, to ovlivňuje částice s obsahem dusíku a síry vstupující antropogenní činností do půdy podobně jako kyselé deště. Fytotoxický hliník snižuje příjem vápníku, což způsobuje snížení rychlosti tvorby dřevní hmoty a snížení rezistence stromů vůči různým nemocem. Další látkou vstupující do rostlin a mající negativní dopad je například oxid zinečnatý, které poškozují kořenový systém, inhibuje růst semenáčků [22] [29].

3 MĚŘENÍ AEROSOLŮ V OVZDUŠÍ SE ZAMĚŘENÍM NA NANOČÁSTICE A JEJICH STANOVENÍ

3.1 Přístroje měřící na principu urychlení aerosolových částic v ovzduší

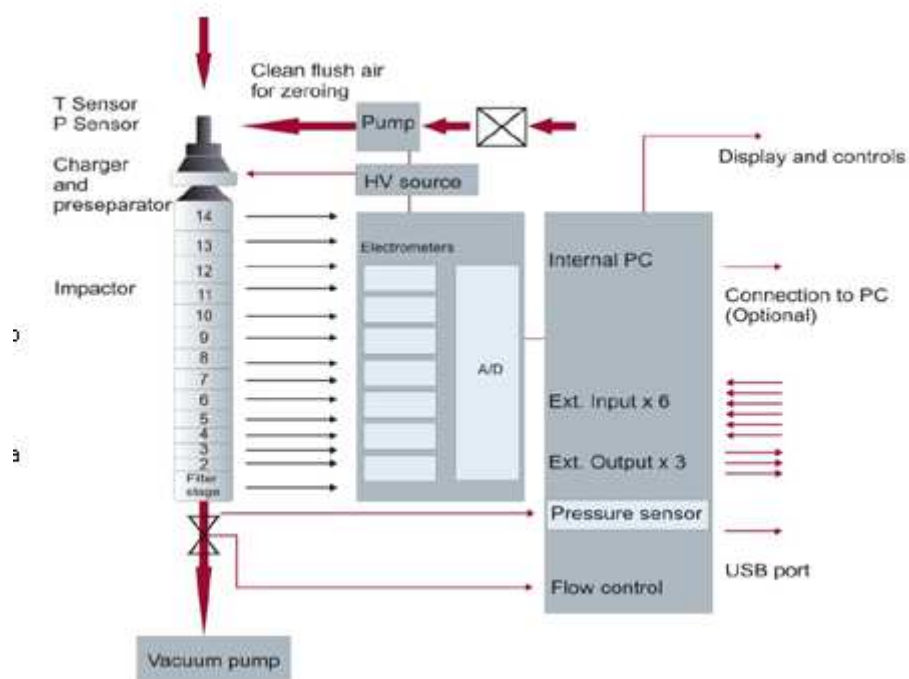
Jsou zařízení, ve kterých se částice separují z proudu aerosolu překážkou, postavenou proudu do cesty se nazývají impaktor. Principem impakce je urychlení proudu vzduchu průchodem zúženou tryskou s následným ostrým zakřivením jeho dráhy. Proud vzduchu urychlí aerosolové částice. Menší částice kopírují dráhu proudnic vzduchu. Větší částice z proudu vzduchu vylétají a narážejí na impakční desku, zde se zachytávají [28].

3.1.1 Elektrický nízkotlaký impaktor (ELPI)

Pro automatické měření koncentrace počtu částic v ovzduší se používá model ELPI+ (viz. obr. č. 5). Získáme z něj data o velikosti distribuce částic od 7 nm do 10 μm . Elektrický nízkotlaký impaktor, jehož schéma je na obrázku číslo 6, je schopen separovat částice s menšími aerodynamickými průměry. Jedná se o kaskádovitý impaktor, kde se počet částic na sběrných patrech zjišťuje měřením elektrického proudu. Jestliže je znám vztah mezi počtem elektrických nábojů každé částice a jejím známým průměrem, pak lze spočítat distribuci velikosti částic. Výhodou tohoto přístroje je možnost monitorovat distribuci velikosti částic v reálném čase [28].



Obr. č. 5.: Příklad ELPI+ [31].



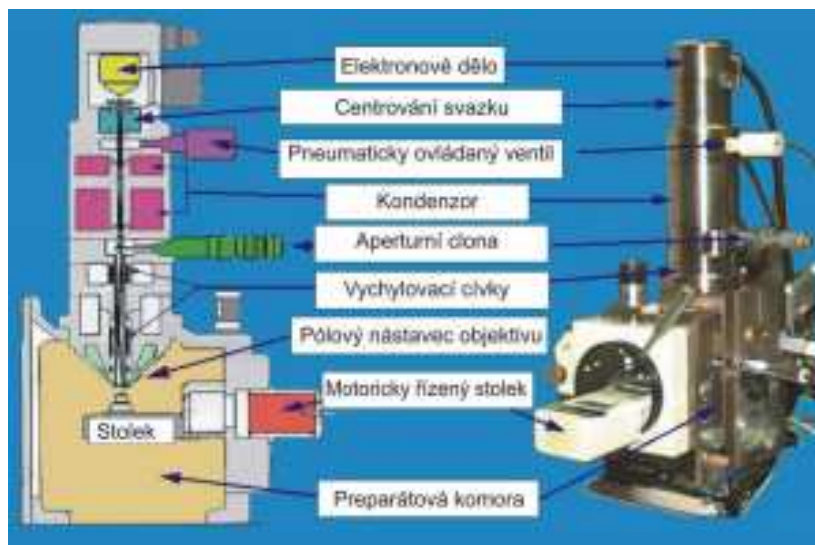
Obr. č. 6 : Elektrický nízkotlaký impaktor [32].

3.2 Elektronový mikroskop

Elektronový mikroskop je podobně jako světelný mikroskop optický přístroj. Rozdíl mezi elektronovým mikroskopem a světelným mikroskopem spočívá v rozdílných parametrech, místo fotonů využívá elektrony a skleněná čočka je nahrazena elektromagnetickou čočkou. Elektromagnetická čočka vytváří vhodné magnetické pole. Výhodou elektromagnetického mikroskopu je vysoká rozlišovací schopnost, což má za následek vysoký efekt zvětšení [35].

3.2.1 Skenovací elektronový mikroskop (SEM)

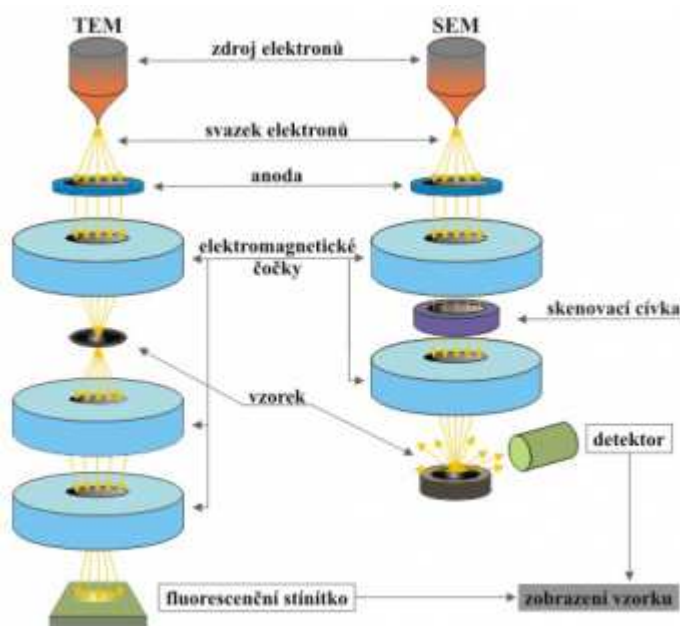
Skenovací elektronový mikroskop je přístroj určený k zobrazení povrchu předmětu. Povrch předmětu se v něj zobrazuje bod po bodu, řádek po řádku a to prostřednictvím úzkého elektronového svazku. Tyto elektronové svazky integrují se vzorkem a uvolňují další signály, které nesou informaci o složení vzorku nebo se podílejí na tvorbě obrazu. Z jednotlivých bodů předmětu vzniká výsledný obraz, dochází k tomu prostřednictvím sekundárních nebo odražených elektronů, které vznikají interakcí primárních elektronových svazků se vzorkem. U SEM se detekují signály primárních svazků elektronů, které se uvolní nad povrchem preparátoru. SEM je vybaven detektory sekundárních a odražených elektronů a elektronikou na zesílení signálu a tvorbou obrazu. Zdroje elektronů je elektronová tryska. Emitované primární elektrony z katody jsou urychleny napětím mezi katodou a anodou. Otvorem v anodě vlétají do soustavy elektronových čoček. Úlohou čoček je, co nejvíce zmenšit průměr svazku elektronů. Soustava čoček je tvořena jednou nebo dvěma kondenzorovými čočkami a jednou objektovou čočkou. Stigmátor je důležitou součástí SEM, jedná se o soustavu cívek, které vytvářejí slabé magnetické pole. Stigmátor koordinuje sigmatismus elektromagnetických čoček. Koncentrovaný paprsek primárních elektronů je před dopadem na povrch preparátoru vychylován vychylovacími cívkami a dochází k postupnému skenování povrchu preparátoru. V dolní části mikroskopu se nachází preparátová komora. Na obrázku číslo 7 je znázorněn řez tubusem SEM [36].



Obr. č. 7: Řez tubusem SEM [36].

3.2.2 Transmisní elektronový mikroskop (TEM)

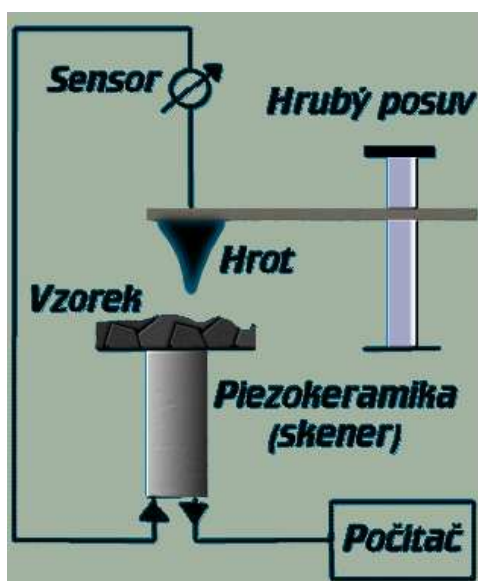
Transmisní elektronový mikroskop se využívá pro měření nanočástic velikosti od 10 nm do 100 nm. TEM je podobný světelnému mikroskopu. Světelný mikroskop využívá světelný zdroj, ale TEM využívá elektronový zdroj a skleněné čočky jsou zaměněny za elektromagnetické čočky a místo okuláru je použito fluorescenční stínítko. Obraz vzniká prouděním elektronů skrz vzorek. TEM se skládá z několika základních částí: tubus s elektronovou optikou, vakuového systému a elektroniky (napájení čoček, zdroj vysokého napětí). Elektronové dělo se skládá z katody a anody. Katoda je wolframové vlákno. Na obrázku číslo 8 jsou znázorněná schémata SEM a TEM [37].



Obr. č. 8: Schéma znázorňuje princip TEM a SEM [38].

3.3 Mikroskopie skenující sondou (SPM)

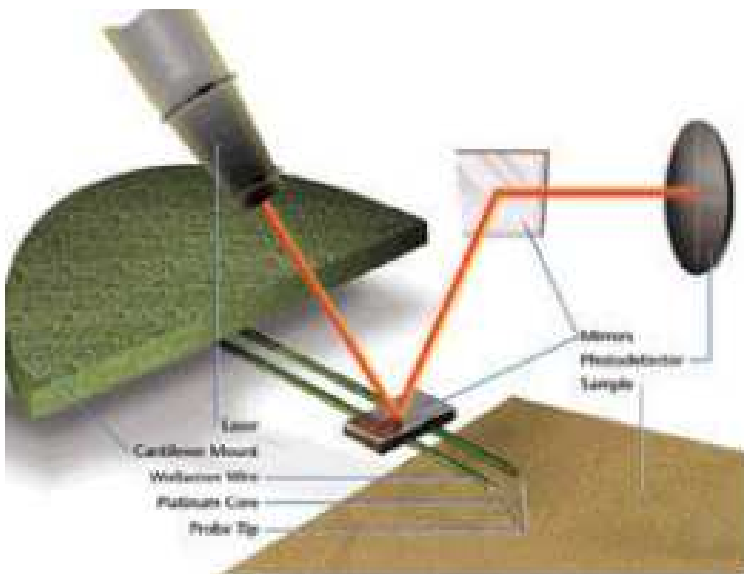
Mikroskopie pomocí skenovací sondy, která pracuje v těsném přiblížení ke zkoumanému vzorku, umožňuje překonat difrakční limit, který je úměrný vlnové délce a limituje veškeré optické techniky v rozlišovací schopnosti. Aby bylo možno charakterizovat celý povrch vzorku, měla by se provádět postupná měření ve více bodech. Měřící sonda v blízkosti vzorku umožňuje snížení energie, která je určena k měření a tím snížení energetického zatížení vzorku. Výhodou této techniky jsou možnosti měřit v různých prostředích a schopnost mapovat povrch částic. Nevýhodou je obtížná interpretace výsledku. Mikroskop se skládá z několika částí: skeneru a vlastní sondy. Sonda mikroskopu je tvořena hrotem a ramínkem. Další součástí je detektor, který zaznamenává výchylku laseru, obvody zpětné vazby, optický systém pro orientaci vzorku, řídicí elektroniky a napájecího zdroje. Na obrázku číslo 9 je sestava mikroskopu SPM [39].



Obr. č. 9: Sestava mikroskopu SPM [39].

3.3.1 Mikroskopie atomárních sil (AFM)

Tato mikroskopie je založena na mapování atomárních sil na povrchu vzorku. Sonda AFM rastruje povrch vzorku ostrým hrotem, který je umístěn na volném konci raménka. Vzájemným působením mezi hrotem a povrchem vzorku způsobuje ohyb a odklon raménka. Podstata této metody spočívá v tom, že rozložení elektronů v molekulových orbitalech se neustále mění. AFM (viz. obr. č. 10) je technika pro stanovení charakteristik ultrajemných částic v rozmezí od 10 do 100 nm [39] [40] [41].



Obr. č. 10: Schéma AFM. [42].

3.4 Princip přístroje měřící pohyblivost v elektrickém poli

Principem těchto přístrojů je využití při měření elektrické pohyblivosti částic. Elektrická pohyblivost je schopnost částic se pohybovat ve vnějším elektrickém poli. Aerosolové částice mají tuto vlastnost a ta určuje, jak velké konečné rychlosti dosáhne v elektrickém poli jednotkové síly. Důležité pro tyto přístroje jsou dva pojmy a to ekvivalentní průměr elektrické pohyblivosti a neutralizace. Ekvivalentní průměr elektrické pohyblivosti je průměr kulové částice a neutralizace je dosažení rovnovážného rozdělení elektrického náboje na částicích [28].

3.4.1 Skenovací třídič pohyblivosti částic (SMPS)

Pro vyhodnocení čistoty analyzovaného ovzduší se používá zařízení model 3934, SMPS (viz. obr. č. 11), který měří počet částic a jejich rozměrovým rozdělením od velikosti 10 nm až 1000 nm s použitím detekce elektrické vodivosti. SMPS má dvě hlavní části a to diferenciální analyzátor pohyblivosti (CE) a zařízení pro měření počtu částic neboli kondenzační čítač částic (CPC). Kondenzační čítač částic, který měří početní koncentraci nanočástic ve vzduchu pomocí laserové detekce. Principem tohoto skenovacího třídiče je, že elektrický třídič aerosolů vybere interval velikosti částic

vzorkovaného aerosolu kondenzačního čítače částic a posléze tyto roztříděné částice spočítá [28] [43] [44].



Obr.č. 11: Model 3934, SMPS [45].

4 STRATEGIE MĚŘENÍ

Výběr vhodného místa určeného pro reprezentativní měření kontaminace ovzduší není možné určit předem. Tento výběr je ovlivněn různými faktory mezi, které patří proudění vzduchu, rozmístění identifikovaných nebo očekávaných zdrojů kontaminace. Například koncentrace měřených nanočástic v blízkosti dálnic vzniklých z dopravy klesá s rostoucí vzdáleností od dálnice exponenciální rychlostí několik set metrů od provozu [22] [28].

Zvolené odběrové místo by se nemělo nacházet v blízkosti překážek, kolem, kterých by musel vzduch proudit. Při tomto ději dochází k nerovnoměrnému pohybu vzduchu, což má za následek nerovnováhu mezi setrvačnými silami částecek, které mají tendenci udržet přímočarý pohyb. V ideálním případě je vstup do měřícího zařízení přímo v proudu větru. Vzorkování průtoku se volí tak, aby vstupní rychlost byla stejná jako rychlost větru [22].

Cílem odběru je získání reprezentativního vzorku nanočástic ze vzduchu do zařízení na měření beze změny jejich koncentrace a vlastností. V první řadě se zachytí do zařízení všechny částice daného objemu vzduchu na určeném místě [22].

Obsah nanočástic v ovzduší zjišťujeme z různých důvodů. Můžou to být důvody zdravotní, sociální a environmentální. Před každým měřením musí být jasné stanoveny cíle měření. Dle toho se upřesní umístění bodových vzorků, frekvence měření a další faktory. Pro to však neexistují pevná pravidla, řídí se logickým postupem a získanými zkušenostmi [22].

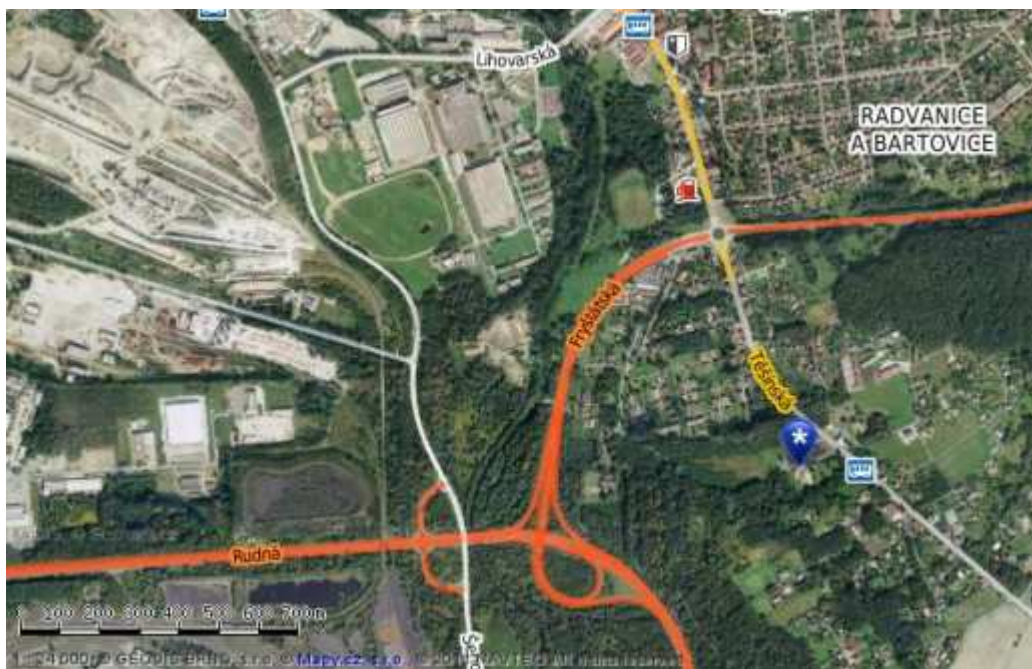
Měřicí přístroje se obvykle umísťují cca 2 m nad zemí. Pokud by se měřily koncentrace působící na děti nebo mládež, došlo by ke snížení umístění. Při měření koncentrací působících na vegetaci by došlo opět ke snížení výšky, ve které je ale stále umožněno volné proudění vzduchu kolem měřidla, aniž by musel proudit kolem překážek [22].

5 REALIZACE

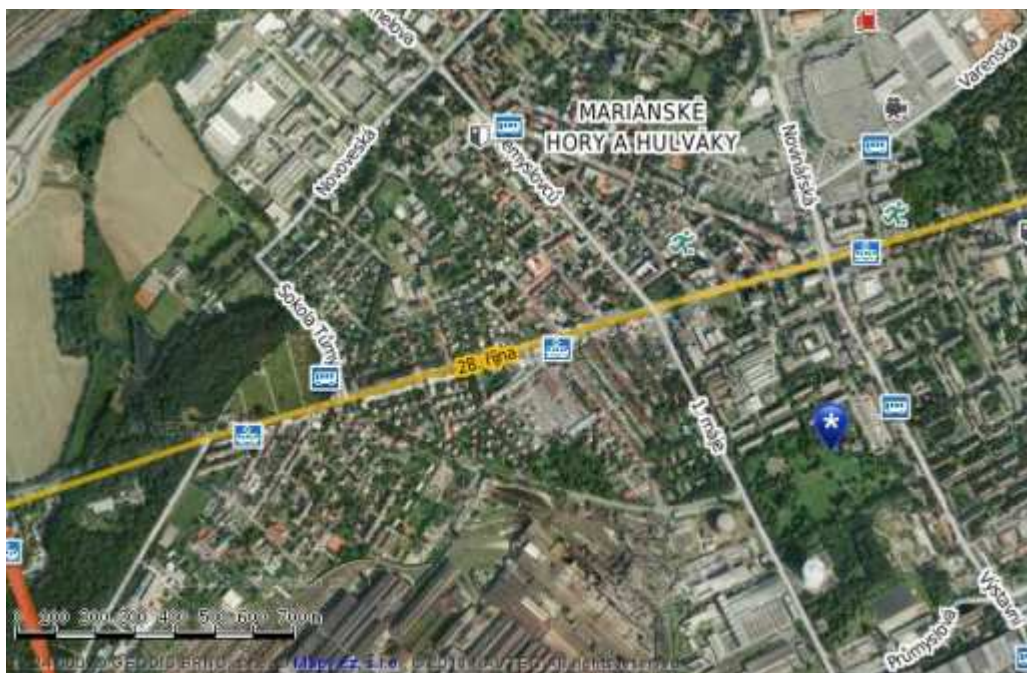
5.1 Popis lokalit

Zkoumané území se nachází v Moravskoslezském kraji v městské části Ostrava-Mariánské Hory (49° 49' 29" sš; 18° 15' 49" vd) a Ostrava-Radvanice (49° 48' 25" sš; 18° 20' 20" vd).

Vybraná dvě území byla zvolena podle předešlých měření, která byla v nedávné době pracovníky ZÚOVA vykonána. První odběrové místo v Ostravě-Mariánských Horách (vis. obr. č. 12) bylo zvoleno, protože se jedná o osídlenou oblast, kde nejsou lokální topeniště. Na rozdíl od Ostravy-Radvanic (vis. obr. č. 13), kde se jedná o místo, které je okrajovou oblastí a v malé vzdálenosti od lokálních topenišť. V blízkosti se také nacházejí průmysloví znečišťovatelé.



Obr. č. 12: Část mapy Ostravy a okolí s vyznačeným popisovaným územím: Ostrava-Radvanice [46].



Obr. č. 13: Část mapy Ostravy a okolí s vyznačeným popisovaným územím: Ostrava-Mariánské Hory [46].

Stav v ovzduší v Moravskoslezském kraji

Stav ovzduší v Moravskoslezském kraji není vyhovující, což dokazuje neustále překračování imisních limitů. Na znečištění ovzduší se podílejí průmyslové podniky, lokální topeniště tedy přesněji kotle na tuhá paliva a doprava. Mezi největší průmyslové znečišťovatele Moravskoslezského ovzduší patří Arcelor Mittal Ostrava a.s., Evraz Vítkovice Steel a.s., Dalkia Česká republika a OKK Koksovna a.s.. Problematika spočívá v tom, že na poměrně malé ploše je mnoho znečišťovatelů. V MSK je mnohem větší koncentrace prachu v ovzduší než v jiných částech České republiky a dokonce větší než ve městech Evropské unie [47] [48].

Zvýšené množství znečišťujících látek v ovzduší MSK nemusí přímo vyvolávat onemocnění, ale vede u nemocí dýchacích cest či srdečně cévních onemocnění k jejich zhoršení. Odolnost organismu je menší a lidé, pak snadněji onemocní [48].

5.2 Postup odběru vzorků

V první řadě se připraví vzorkovací média, což jsou nylonové sítky do difuzních cel a vzorkovací destičky do impaktoru. Prvních pět destiček v impaktoru je skleněných a další dvě jsou kovové (TEM grid).

Za účasti pracovníků ZÚOVA se navštívilo první vzorkovací místo, na kterém bylo měření provedeno. Toto místo se nachází v Ostravě-Mariánských Horách v blízkosti mateřské školky. Na obrázku číslo 12 je místo měření zobrazeno. Druhé vzorkovací místo bylo v Ostravě-Radvanicích, které je zobrazeno na obrázku číslo 13. Následný popis samotného měření nanočástic je shodný na obou místech. Po rozložení měřicí aparatury Nano-ID Select a Modelu 3091 Particle Sizer Spectrometer se připojila k elektrické síti. Nejprve se zapnul měřicí přístroj Model 3091, který se před měřením musí zahřát minimálně 10 minut. Model 3091 měřil nanočástice v ovzduší cca dvakrát po 30 minutách. Po zapnutí nano-ID Select se difuzní cela nabíjí kladně a spouští se impaktor. Nastavuje se jmenovitý průtok 20 l/hod. Nano-ID Select měřil několik minut, pro kovy a posléze dalších pár minut pro mikroskopické stanovení. Získané vzorky se v laboratoři stanovují SEM a ICP-MS.

5.3 Přístroje použité k odběru vzorků

Nano-ID Select Wide Range Aerosol Sampler

Nano-ID Select (vis. obr. 15) je jedinečný v tom, že zahrnuje celý aerosol v rozmezí od 2 nm do 20 μm . Částice jsou roztříděny podle velikosti na 12 frakcí. Mezi širokou škálu schopností tohoto přístroje patří, rozsah velikosti sahají do nano- a mikro-oblastí, zatímco ve stejné době vyžaduje zrnitosti s dostatečným rozlišením. Tento nový vzorkovač nanočástic je vzorkovací zařízení, které je účinným nástrojem při odhalování velmi nízké úrovně umělých nanočástic (EPS) proti pozadovým koncentracím aerosolů [49].



Obr. č. 14: Vzorkovač Nano-ID Select[49].

Vlastnosti přístroje Nano-ID Select

Přesné velikostní rozlišení částic

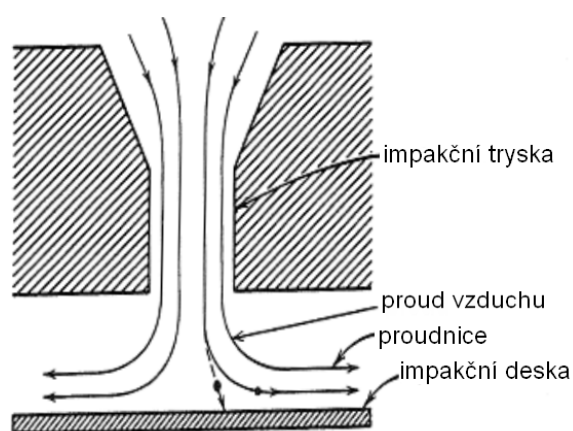
Oba režimy vzorkování pro nano-ID Select byly navrženy tak, aby byla přesnost jako od laboratorního přístroje a zároveň postaveného pro použití v terénu. Nízký tlak adaptace nárazové kaskády, minimalizuje výběrové chyby způsobené turbulencí. Každá fáze difúzní cely optimalizuje individuální velikosti mřížky používané spolu s počtem kolektorů. Výsledkem celkového designu je velikostní rozložení částic, které se blíží k teoretické limitě, což má za následek minimální překrytí kanálů v celém dynamickém rozsahu nástroje [50].

Velikost 36 x 30 x 45 cm a hmotnost 11 kg přístroje umožňují, aby byl snadno přenosný do odběrového místa. Čerpadlo a průtokoměr odstraní potřebu pro externí zařízení a zjednodušují instalaci. Přístroj má programovatelný časovač na maximálně 24 hodin. Odběr vzorků může být nepřetržitý nebo rozdělit se v časovém rozmezí pro optimální sběr dat na míru pro konkrétní aplikaci [50].

Popis jednotlivých hlavních částí přístroje Nano-ID Select

Kaskádní impaktor

Kaskádní impaktor je založen na principu impakce. Na obrázku číslo 15 je princip impakce naznačen. Princip impakce je urychlení proudu vzduchu průchodem zúženou obdélníkovou tryskou s ostrým zakřivením jako dráhy. S proudem vzduchu jsou v trysce rovněž urychleny aerosolové částice. Menší z částic kopírují dráhu proudnic vzduchu. Větší částice jsou kvůli své větší setrvačnosti, při změně směru z proudu vzduchu vylétají a narážejí na impakční desku, kde jsou zachyceny [28].



Obr. č. 15: Princip jednoho patra v impaktoru [28].

Kaskádní impaktor stanovuje hmotnostní distribuci aerosolu, separací aerosolových částic podle velikosti jejich aerodynamického průměru. Impaktor je složen z několika po sobě následujících sběrných pater s konkrétními charakteristickými mikroclonami. Každé patro zachycení částic v přesně definovaném velikostním intervalu, což umožňuje získání separace jednotlivých velikostních frakcí. Pater je sedm a jednotlivé velikosti frakcí jsou v tabulce číslo 3 [28].

Tabulka č. 3: Impaktor-velikosti frakce [51].

PATRA	MIN. VELIKOST	MAX. VELIKOST
	D_{\min} (μm)	D_{\max} (μm)
1	20	35
2	8,1	20
3	4,0	8,1
4	2	4,0
5	1	2,0
6	0,5	1,0
7	0,25	0,5

Difuzní cela

Difuzní cela je založena na difuzi. Difuze je proces rozptylování částic v prostoru na základě koncentračního gradientu. Aerosolové částice, mají tendenci přecházet z prostředí se svou vyšší koncentrací do prostředí s nižší koncentrací, protože přirozenou vlastností látek je, že pokud se její částice mohou pohybovat, tak se rozptylují do celého prostoru. Pak mohou dosáhnout a postupně ve všech jeho částech vyrovnají svou koncentraci s cílem dosáhnout energeticky nejvýhodnějšího stavu. V tabulce číslo 4 jsou popsána patra s velikostmi jednotlivých frakcí a pórovitostí [28].

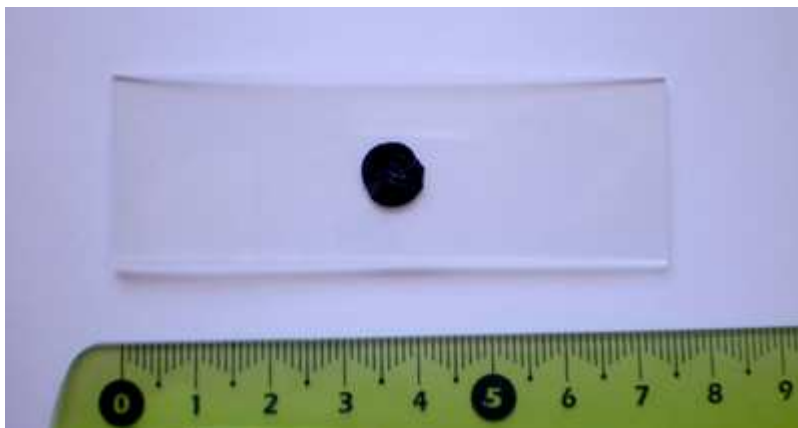
Tabulka č. 4: Velikosti frakcí a pórovitost[51].

PATRA	MIN. VELIKOST D_{mix} (μm)	MAX. VELIKOST D_{max} (μm)	SUBSTRÁT	VELIKOST OTVORU OKA (μm)
8	0,06	0,25	FFfilter	-
9	0,015	0,06	NYnet	20
10	0,005	0,015	NYnet	20
11	0,0015	0,005	NYnet	41
12	0,001	0,0015	NYnet	120
9	0,015	0,06	SSnet	20
10	0,005	0,015	SSnet	20
11	0,0015	0,005	SSnet	36
12	0,001	0,0015	SSnet	125

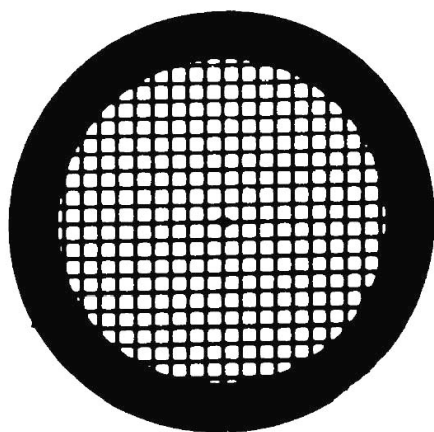
NY=nylon, SS=stainless steel

Vzorkovací materiály

Kaskádní impaktor má dva druhy vzorkovacích medií. Jedním je skleněná destička o rozměrech 7,5 x 2,5 cm s karbonovou nálepkou. Skleněná destička je na obrázku číslo 16. Druhým mediem je kovová destička o stejných rozměrech jako skleněná. Uprostřed kovové destičky se nachází TEM grid, který je zobrazen na obrázku číslo 17. TEM grids jsou měděné disky tzv. mřížky s jemnými oky velikosti několika milimetrů. V horní části této sítě, je tenká vrstva uhlíku uložena odpařováním grafit na něj. Na tenkou vrstvu se zachytává vzorek, který se pak může zkoumat v mikroskopu. Do difuzní cely se vkládá nylonová síťka.



Obrázek č. 16: Vzorkovací skleněná destička [52].

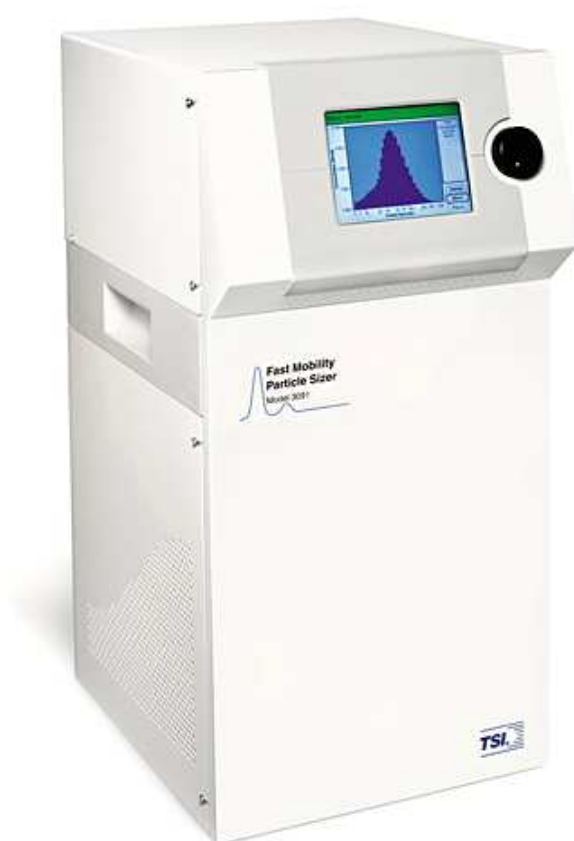


Obr. č. 17: Tem grid [53].

Fast Mobility Particle Sizer Spectrometer

Mobility Particle Sizer 3091 (FMPTM) neboli spektrometr částic stanovuje částice v rozsahu od 5,6 nm do 560 nm. FMP spektrometr pracuje při vysoké rychlosti průtoku 10 l/min s cílem minimalizovat difuzní ztráty jemných nanočástic. Funguje na okolní tlak tak, aby se zabránilo odpařování těkavých částic, a to nevyžaduje žádné spotřební materiál. Na obrázku 18 je tento přístroj zobrazen [54].

Mobility Particle Sizer využívá elektrické mobility podobně jako skenovací třídič pohyblivosti částic (SMPS). Tento spektrometr používá mnoho elektroměrů pro detekci částic. FMP 3091 poskytuje schopnost vizualizovat události a změny v rozdělení velikosti částic v reálném čase. Na obrázku číslo 19 je znázorněno schéma tohoto přístroje [54].

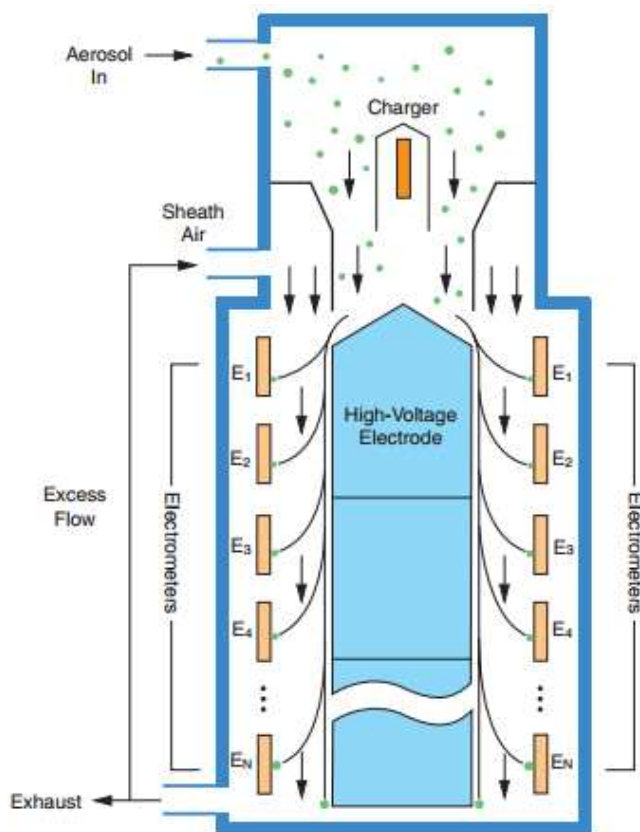


Obr. č 18. : Mobility Particle Sizer 3091 (FMP™) [55].

Princip Fast Mobility Particle Sizer Spectrometeru

Částice vstupují do přístroje jako součást aerosolu. Vstupují do cyklonu s velikostí 1 μ m. To odstraňuje velké částice, které jsou nad rozsah přístroje. Další částice prochází elektrickým difúzním měničem, v němž jsou ionty změněny. Tyto směsi s částicemi se elektricky mění. Nabíječka je umístěna v souladu s analyzátozem kolony a on se nachází v horní části přístroje. Aerosol vstupuje do přístroje nepřetržitě. Částice vstupují do oblasti přes prstencové mezery. Oblasti velikosti tvoří prostor mezi dvěma soustřednými válci. Vnější válec je vyroben ze snímací elektrody. Vnitřní válec je připojen ke kladnému vysokému napětí tvořící vysokého napětí elektrody. Schéma tohoto přístroje je na obrázku číslo 20 [54] [55].

Pomocí vysoké citlivosti elektroměrů, spektrometr umožňuje měření koncentrace různých velikostí částic současně. Model 3091 zpracovává výsledky měření v reálném čase [54].



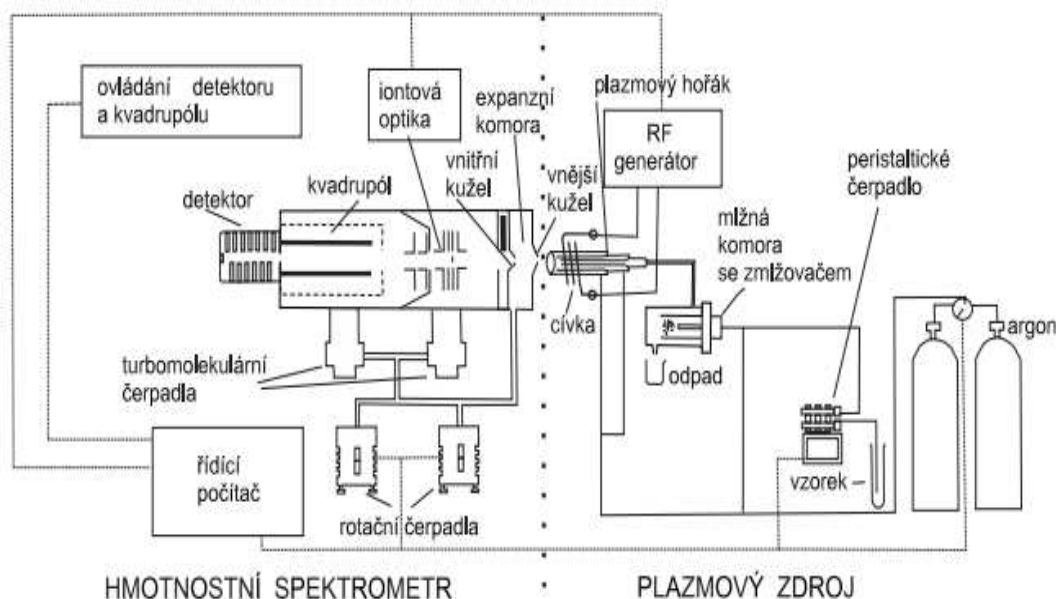
Obr.č.19: Schéma Mobility Particle Sizer 3091 (FMP™)[54].

Vyhodnocení

Získané vzorky se vyhodnotí pomocí metody SEM a IPC-MS.

Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS)

ICP MS je analytická spektrální technika kombinující ICP (Inductively Coupled Plasma – indukčně vázané plazma) jako zdroj kladně nabitých částic a hmotnostní spektrometrii (MS – Mass Spectrometry), která tyto částice detekuje. Oba tyto funkční celky umožňují pohyb nabitých iontů z prostředí atmosférického tlaku do prostředí s vakuem. Na obrázku číslo 20 je zobrazeno schéma ICP MS zařízení [56].

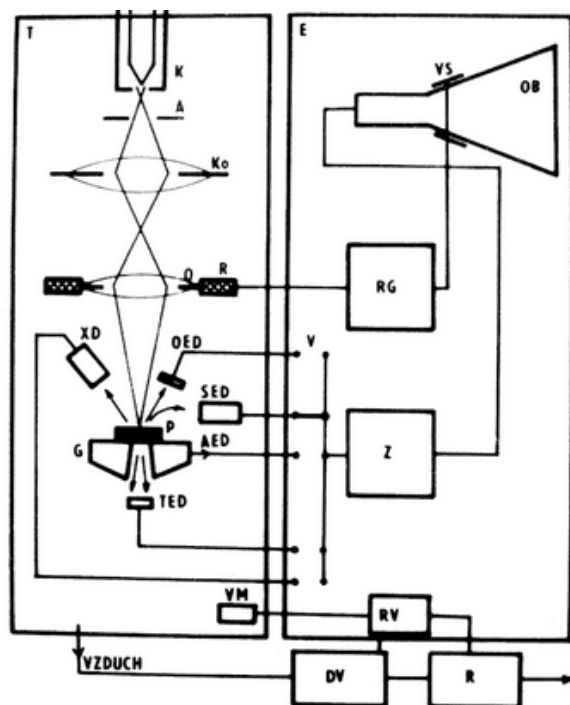


Obr.č.20: Schéma ICP-SM [57].

Základní součásti přístroje je plazmový zdroj. Vlastní hmotnostní spektrometr je tvořený iontovou optikou, kvadrupólem a detektorem. Tyto součásti, včetně expanzní komory, jsou výkonnými čerpadly zbavovány vzduchu. Je to z důvodu, aby byl umožněn pohyb vznikajících iontů z plazmy do analyzátoru a zároveň, aby částice vzduchu nerušily vlastní stanovení. Plazmový zdroj je tvořen radiofrekvenčním (RF) generátorem a indukční cívkou, plazmovým hořákem, mlžnou komorou a zamlžovačem. V plazmovém hořáku vzniká díky radiofrekvenčnímu generátoru a indukční cívce v proudu argonu plazma. Vznik plazmatu je podmíněn fluktuacemi elektrického pole v prostředí indukční cívky [56].

SKENOVACÍ ELEKTRONOVÝ MIKROSKOP (SEM)

Skenovací elektronový mikroskop je přístroj určený k zobrazení povrchu předmětu. Povrch předmětu se v něj zobrazuje bod po bodu, řádek po řádku a to prostřednictvím úzkého elektronového svazku. Tyto elektronové svazky integrují se vzorkem a uvolňují další signály, které nesou informaci o složení vzorku nebo se podílejí na tvorbě obrazu. Z jednotlivých bodů předmětu vzniká výsledný obraz, dochází k tomu prostřednictvím sekundárních nebo odražených elektronů, které vznikají interakcí primárních elektronových svazků se vzorkem. Více je zmíněno v kapitole 3.3.1. Na obrázku číslo 21 je detailně zobrazeno blokové schéma skenovacího elektronového mikroskopu [36].



Obr.č.21: Blokové schéma SEM: K-katody, A-anody, Ko- kondenzátor, O-objektiv, R- skenovací cívky, P-preparátor, G- goniometrický stolek, TED detektor transmitovaných elektronů, AED- detektor absorbovaných elektronů, SED- detektor sekundárních elektronů, OED detektor obdržených elektronů, XD-detektor rtg. záření, VM- vakuová měrka, VS-vychylovací systém obrazovky, OB- obrazovky, RG- rastrový generátor, V- přepínač, Z-zesilovač, RV- regulátor vakua, DV- difuzní vývěva, R- rotační vývěva [58].

6 VÝSLEDKY A DÍKUZE

Tabulka č. 5: Přehled směru a intenzity větru, teploty a rozptylových podmínek v jednotlivých dnech [60].

DATUM	SMĚR VĚTRU	RYCHLOST VĚTRU	TEPLOTA	ROZPTYLOVÉ PODMÍNKY
1.2.2011	jihozápadní	3 m/s	-6,3 °C	zhoršené
30.3.2011	východní	1,7 m/s	9,5 °C	dobré
7.9.2011	jihozápadní	2,7 m/s	14,7 °C	dobré
22.3.2012	severozápadní	2 m/s	8,2 °C	dobré

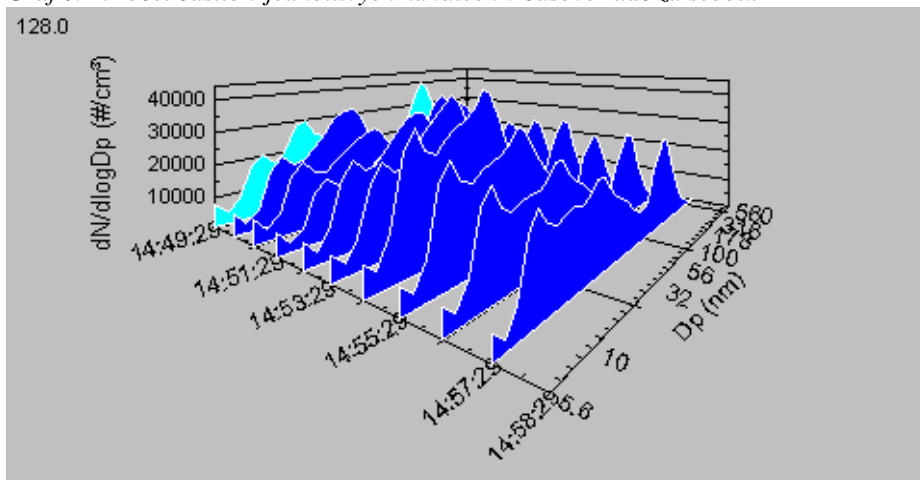
Obr. č. 23: Mapa Ostravy se zaznačenými průmyslovými zdroji znečištění [59].



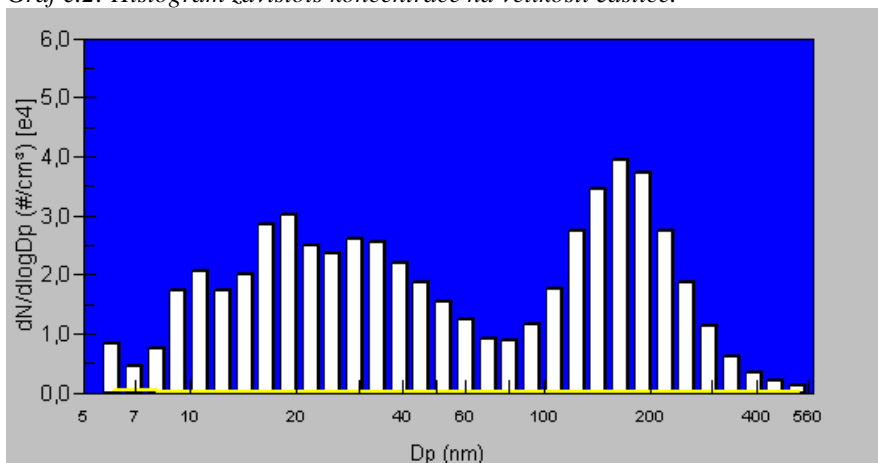
MARIÁNSKÉ HORY 1. 2. 2011 MĚŘENÍ 1.

Dne 1. 2. 2011 byl vyhlášen signál regulace, což znamená, že byly překročeny zvláštní imisní limity pro oxid dusičitý nebo siřičitý a pro částice PM₁₀. Průměrná denní teplota v tento den byla -6,3 °C. Směr větru byl 22° 22' 21'' tedy jihozápadní a průměrná rychlost větru 3 m/s [60].

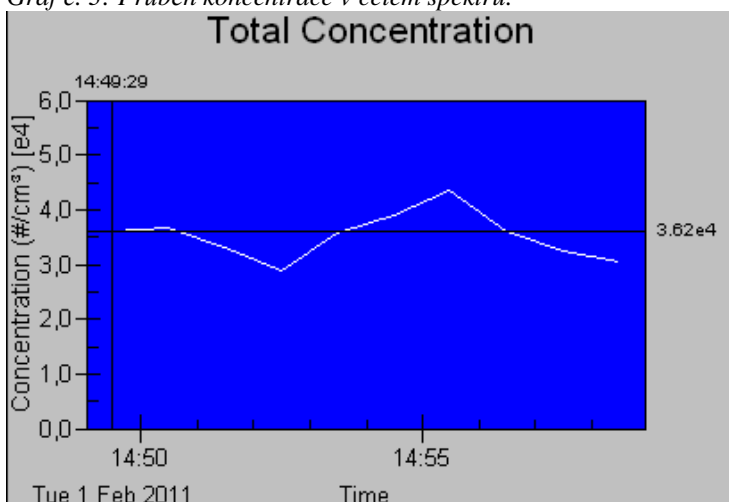
Graf č. 1: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.



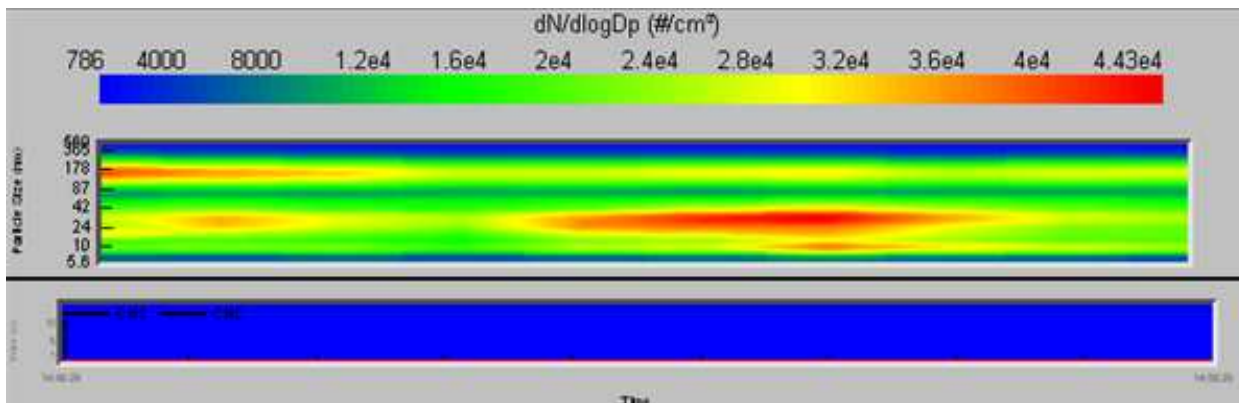
Graf č.2: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částice.



Graf č. 3: Průběh koncentrace v celém spektru.



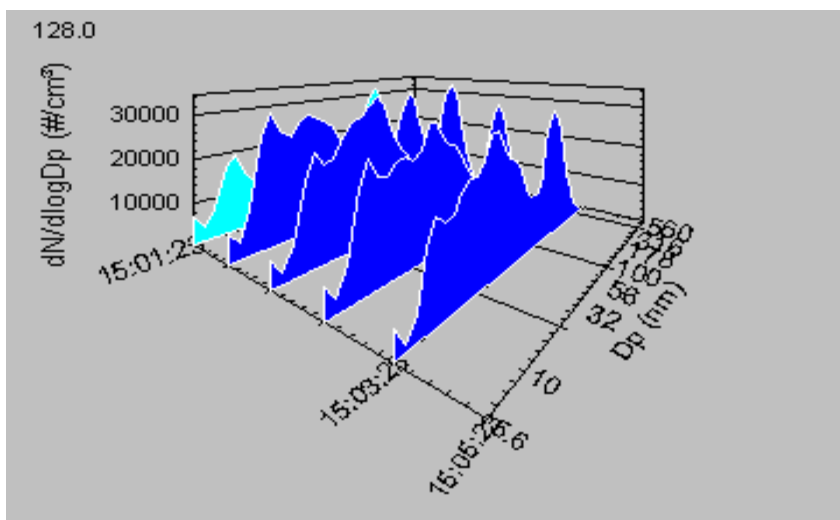
Graf č. 4: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.



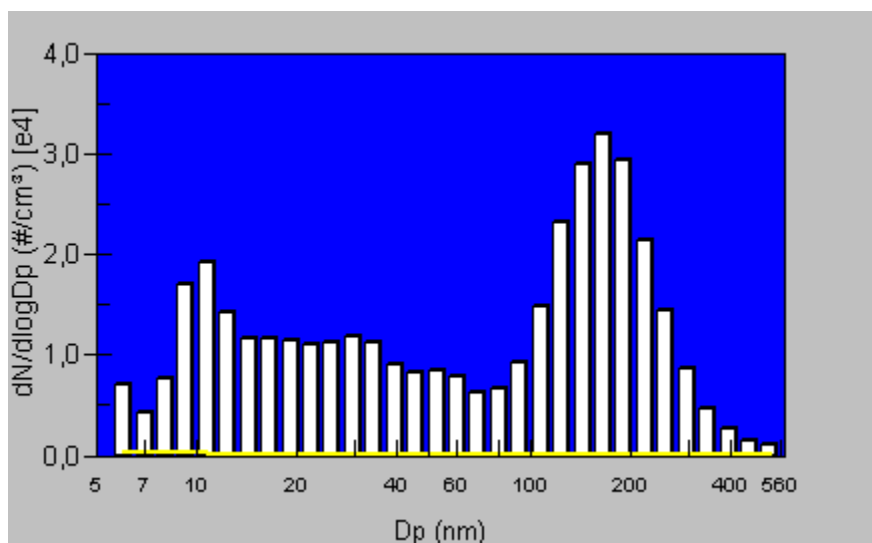
V Mariánských Horách dne 1. 2. 2011 započalo první měření v odpoledních hodinách v 14:49 a trvalo 9 minut. Z grafu číslo 2 vyplývá, dvojitě vypouklý tvar křivek tedy bimodální, což vypovídá o větším počtu zdrojů znečišťování na daném území. Z uvedených grafů vyplývá první maximum distribuce počtu částic je $3,01 \cdot 10^4$ část./ cm^3 o velikosti 19 nm a druhé maximum distribuce počtu částic je $3,95 \cdot 10^4$ část./ cm^3 o velikosti 165 nm. V tomto zimním období by mohly být jedním ze zdrojů znečištění lokální topeniště na tuhá paliva. Jistě se na kontaminaci ovzduší podílejí i zvýšené imisní limity.

MARIÁNSKÉ HORY 1. 2. 2011 MĚŘENÍ 2.

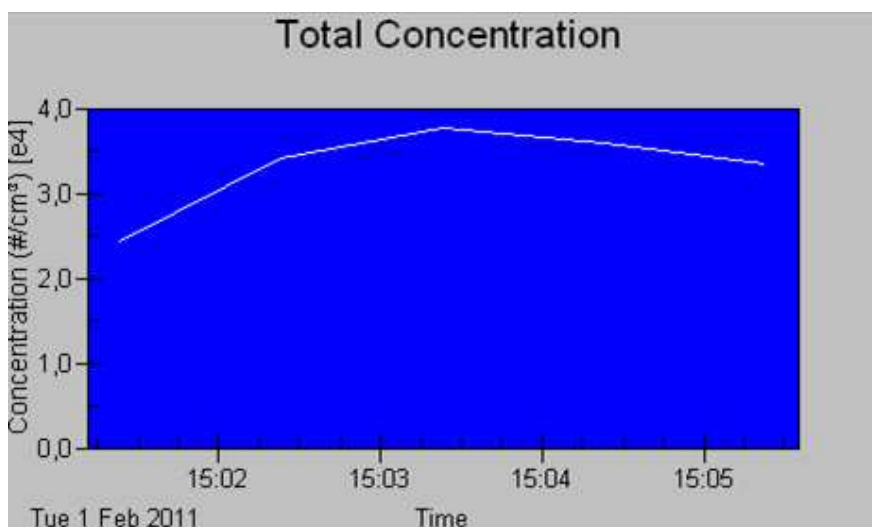
Graf č. 5: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.



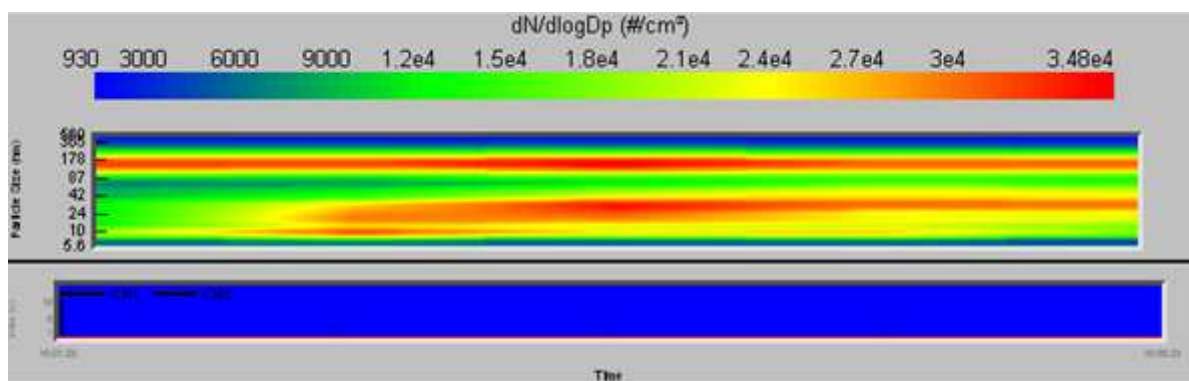
Graf č. 6: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částice.



Graf č. 7: Průběh koncentrace v celém spektru.



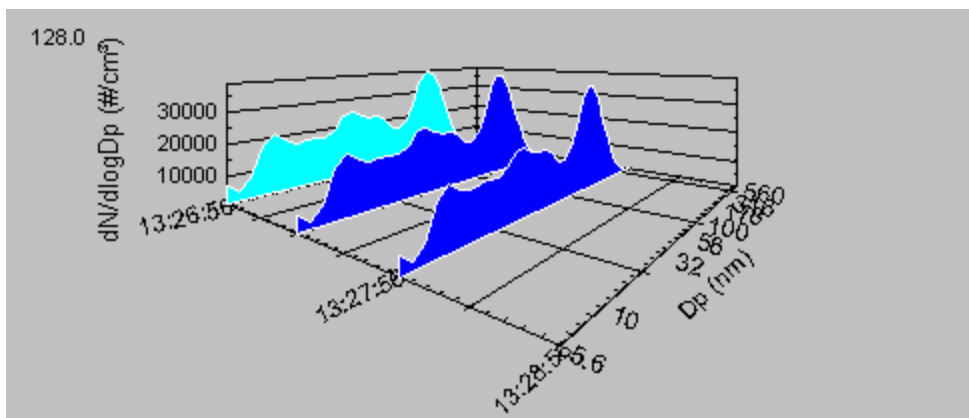
Graf č. 8: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.



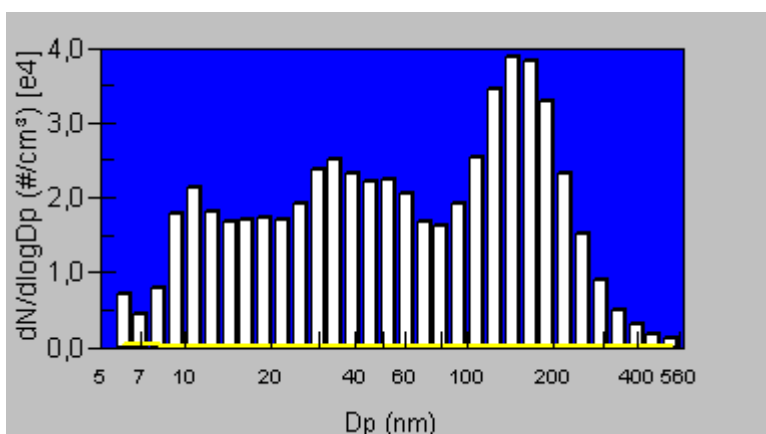
Druhé měření na téže místě 1. 2. 2011 začalo v 15:01 a trvalo čtyři minuty. V tomto časovém intervalu z grafu číslo 8 je patrná fluktuace rychlosti v čase a jsou patrné dva zdroje znečištění. První maximální distribuce počtu částic $1,92 \cdot 10^4$ část./cm³ o velikosti 11 nm a druhá maximální distribuce počtu částic $3,18 \cdot 10^4$ část./cm³ o velikosti částic 166 nm. Vítr váł jihozápadně od zdrojů znečištění. Jedním ze zdrojů znečištění, kteří se podíleli na znečištění ovzduší by mohl být podnik Vítkovice Steel. Vliv na výsledek měření by mohla být také doprava, měření bylo prováděno v dopravní špičce. V blízkosti měřicího místa se nacházejí 2 frekventované křižovatky ve vzdálenosti 400 m a 500 m.

RADVANICE 1. 2. 2011 MĚŘENÍ 1.

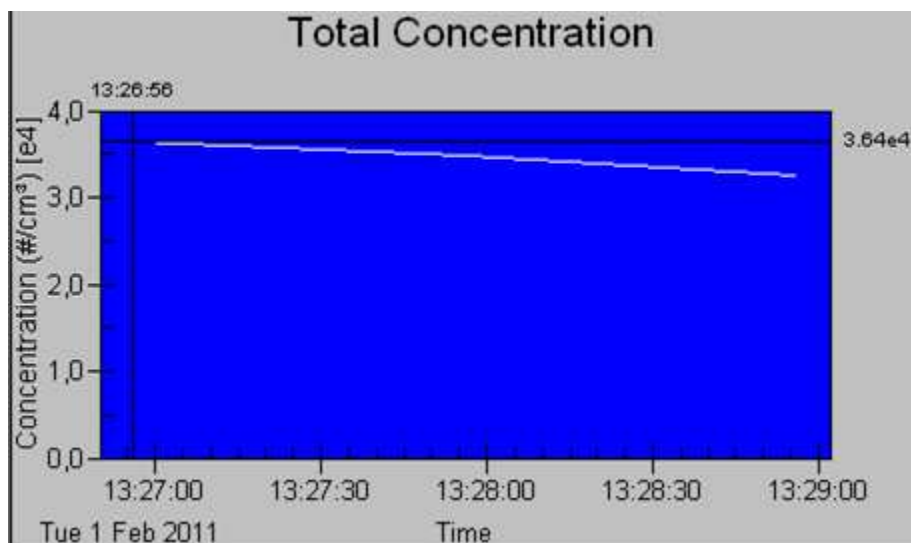
Graf č. 9: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.



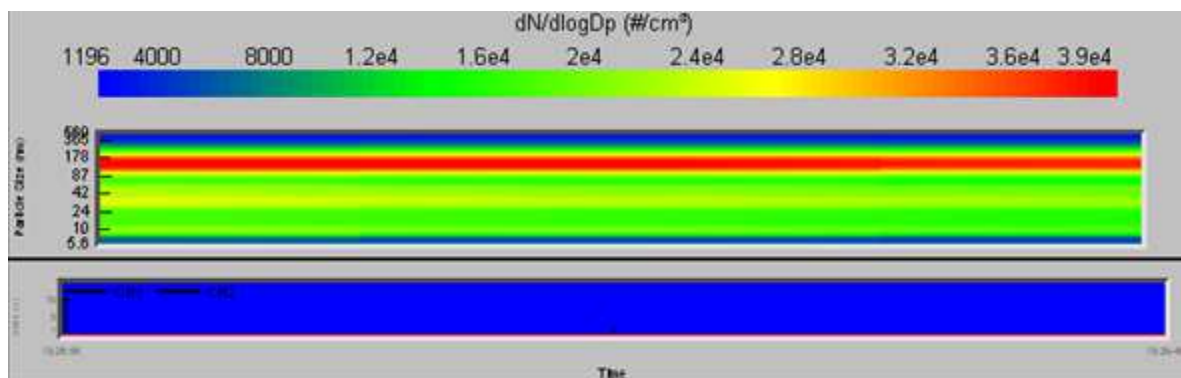
Graf č.10: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částice.



Graf č. 11: Průběh koncentrace v celém spektru.



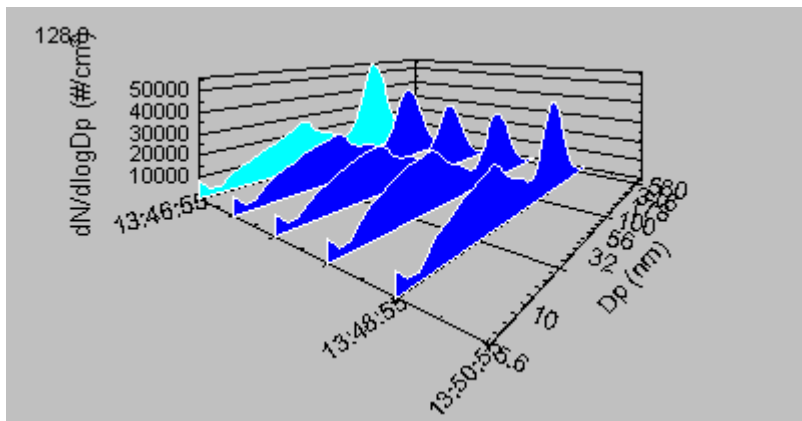
Graf č. 12: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.



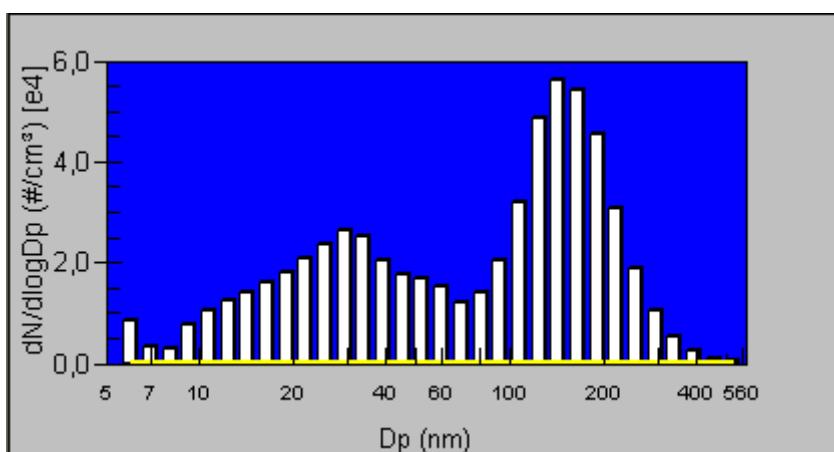
Měření 1. 2. 2011 v Radvanicích započalo 13:26 a trvalo dvě minuty. Z grafu číslo 10 je patrný hřebenovitý tvar histogramu. Maximální distribuce počtu částic je $3,89 \cdot 10^4$ část./ cm^3 o velikosti částic 143 nm. Z grafů číslo 12 lze říct, že distribuce částic v čase je konstantní.

RADVANICE 1. 2. 2011 MĚŘENÍ 2.

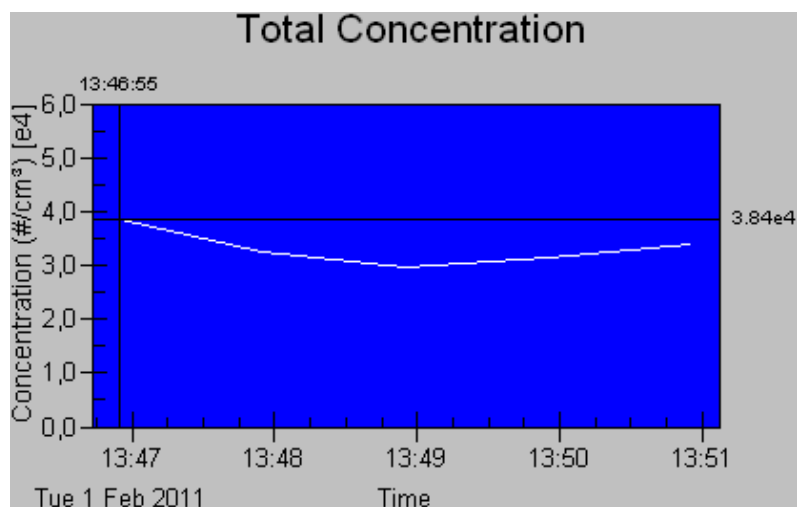
Graf č. 13: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.



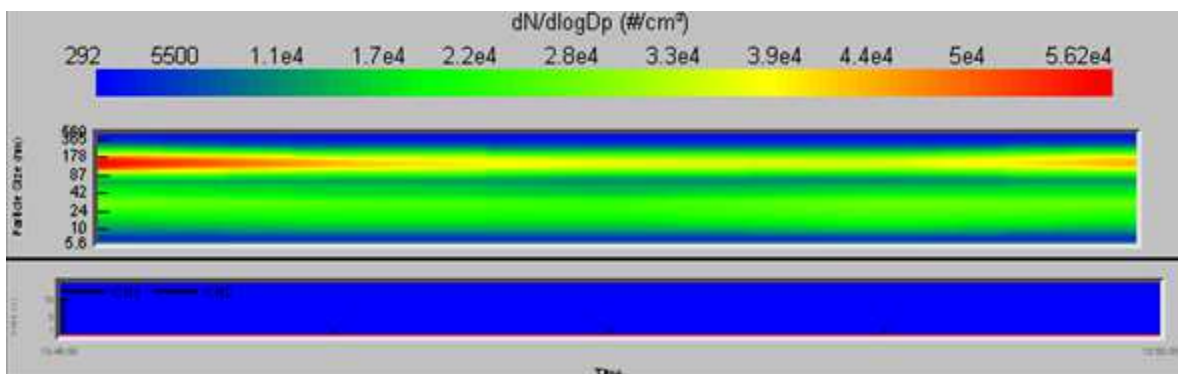
Graf č. 14: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částice.



Graf č. 15: Průběh koncentrace v celém spektru.



Graf č. 16: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.

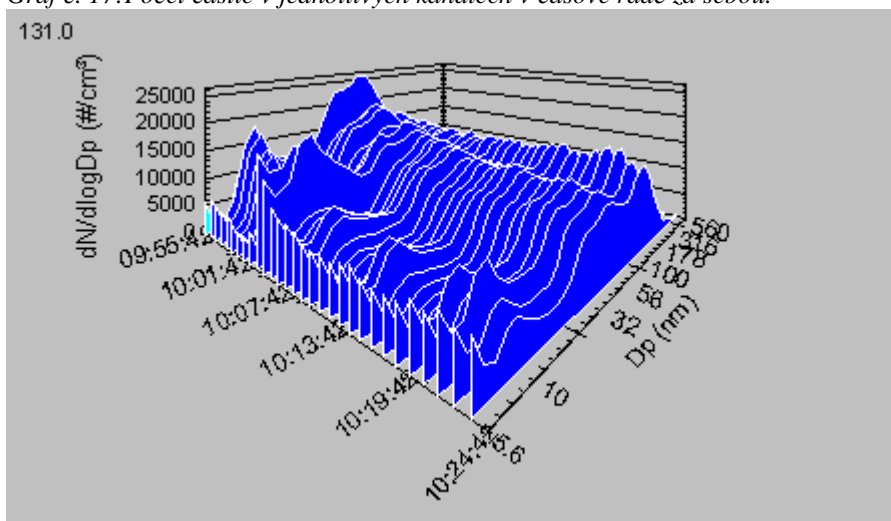


Druhé měření v tento den v Radvanicích začalo v 13:46 a trvalo 4 minuty. Z grafu číslo 14 vyplývá dvojité vypouklý tvar křivky. První maximální distribuce počtu částic $2,64 \cdot 10^4$ část./ cm^3 o velikosti 29 nm a druhá maximální distribuce počtu částic $5,62 \cdot 10^4$ část./ cm^3 o velikosti částic 143 nm. Vítr váł jihozápadně od zdrojů znečištění. Jedním ze zdrojů znečištění, kteří se mohli podílet na znečištění ovzduší byl Mittal Steel. V blízkosti měřicího místa se nacházejí lokální topeniště na pevná paliva.

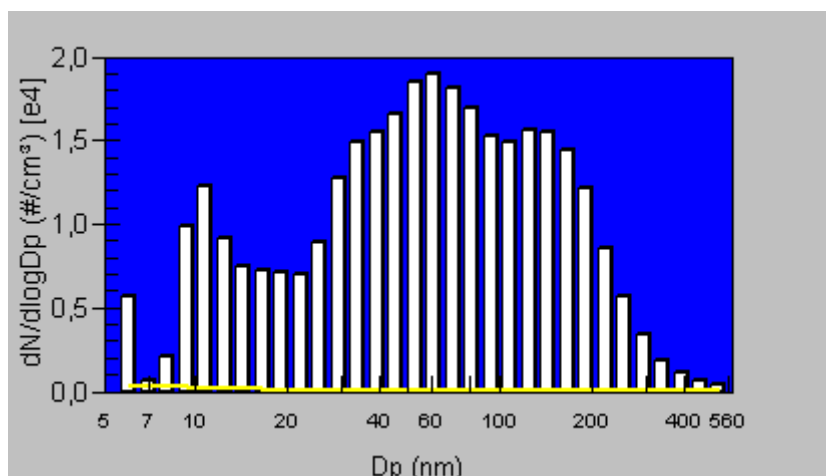
MARIÁNSKÉ HORY 30. 3. 2011 MĚŘENÍ 1.

Dne 30. 3. 2011 byly dobré rozptylové podmínky. Průměrná denní teplota v tento den byla 9,5 °C. Směr větru byl 11° 21' 23'' tedy východní až jihovýchodní a průměrná rychlost větru byl 1,7 m/s [60].

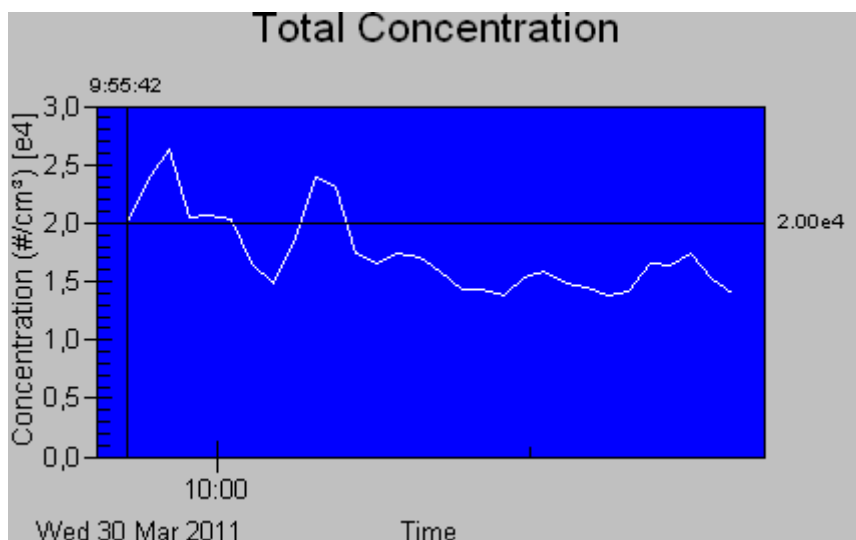
Graf č. 17: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.



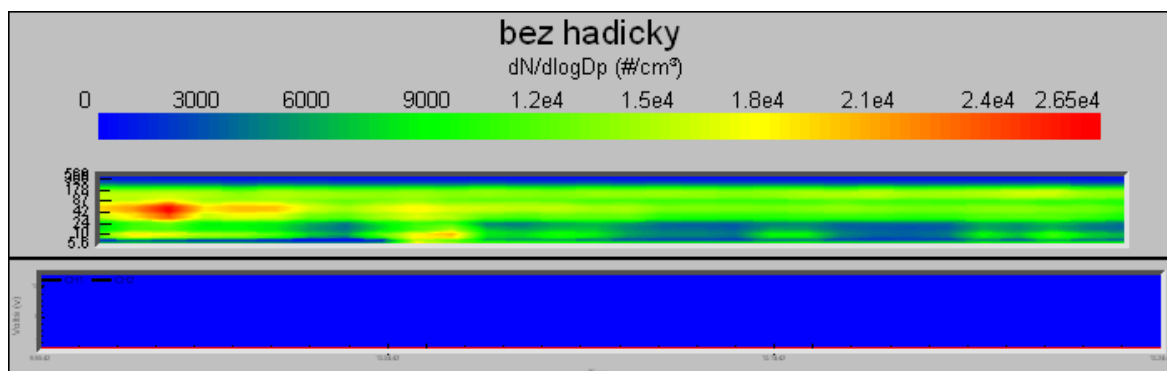
Graf č.18: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částice.



Graf č. 19: Průběh koncentrace v celém spektru.



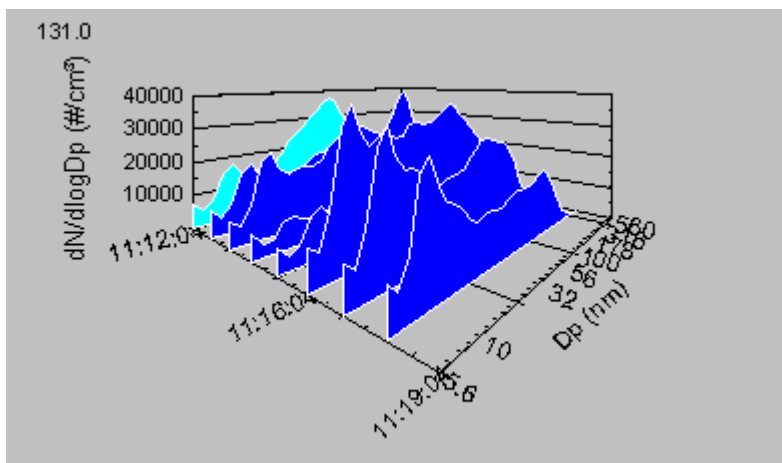
Graf č. 20: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.



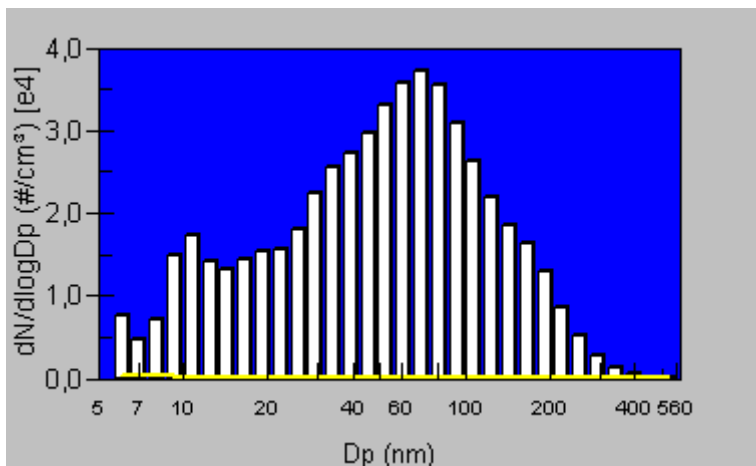
V Mariánských Horách dne 30. 3. 2011 v dopoledních hodinách v 9:55 započalo první měření a skončilo v 10:24. Z prvního měření vyplývá maximum distribuce počtu částic $1,9 \cdot 10^4$ část./cm³ o velikosti 60 nm.

MARIÁNSKÉ HORY 30. 3. 2011 MĚŘENÍ 2.

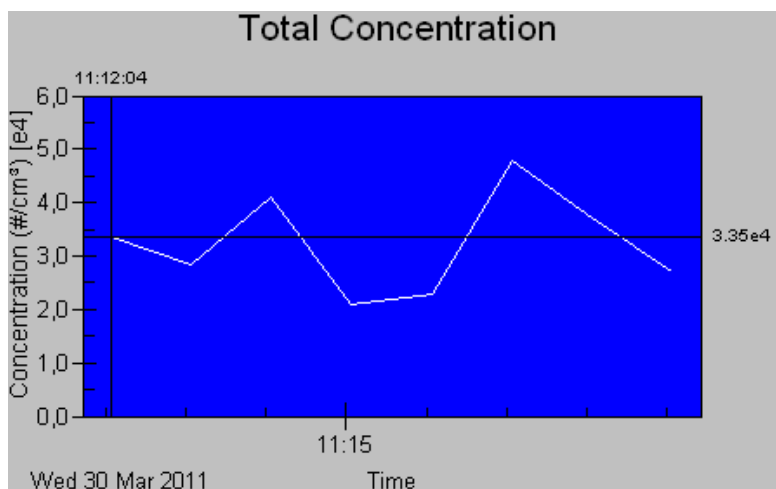
Graf č. 21: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.



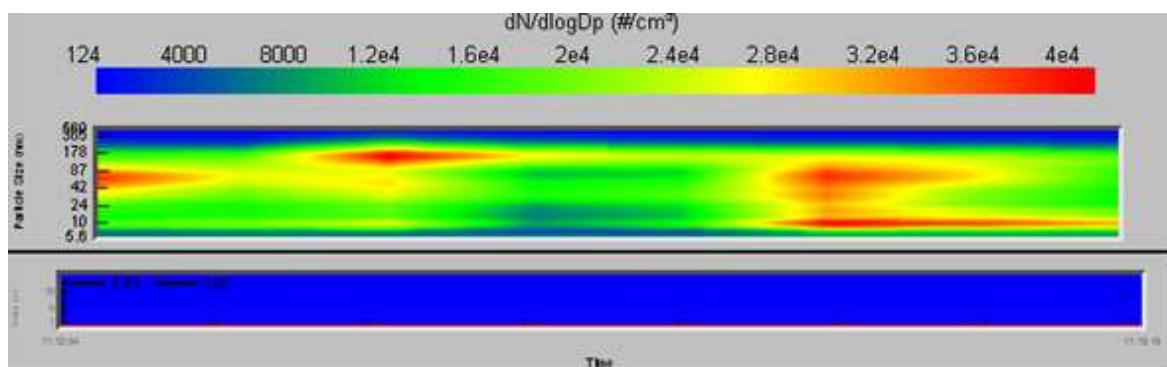
Graf č.22: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částic.



Graf č. 23: Průběh koncentrace v celém spektru.



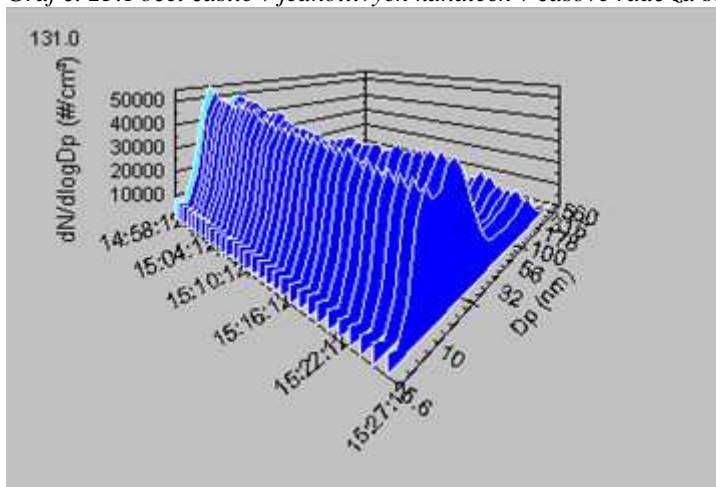
Graf č. 24: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.



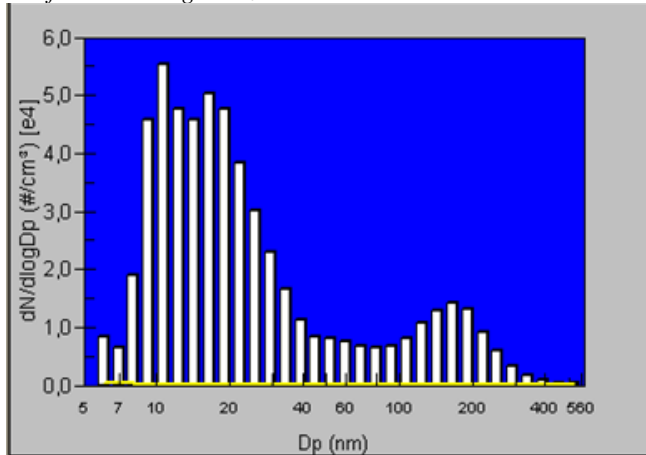
Druhé měření trvalo od 11:12 do 11:19. Převažovaly nanočástice o velikosti 70 nm a v maximální distribuci počtu částic $3,72 \cdot 10^4$ část./ cm^3 . Graf číslo 18 z prvního měření a graf číslo 22 z druhého měření mají podobný histogram. Na výsledek měření by mohla mít vliv mimo jiné lokální topeniště. Na znečištění se také mohou podílet zdroje ležící na území Polska.

RADVANICE 30. 3. 2011 MĚŘENÍ 1.

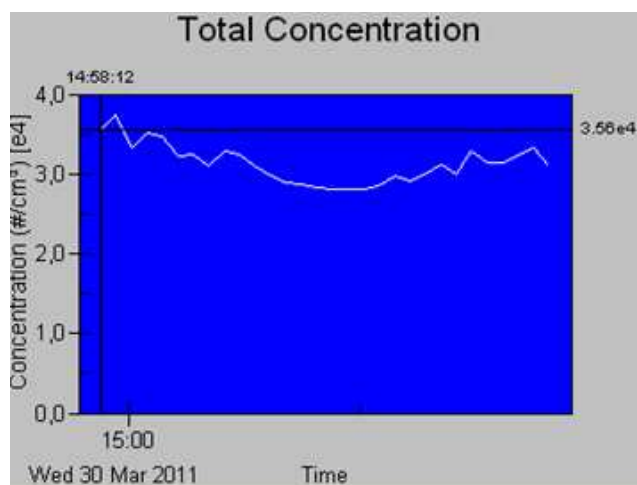
Graf č. 25: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.



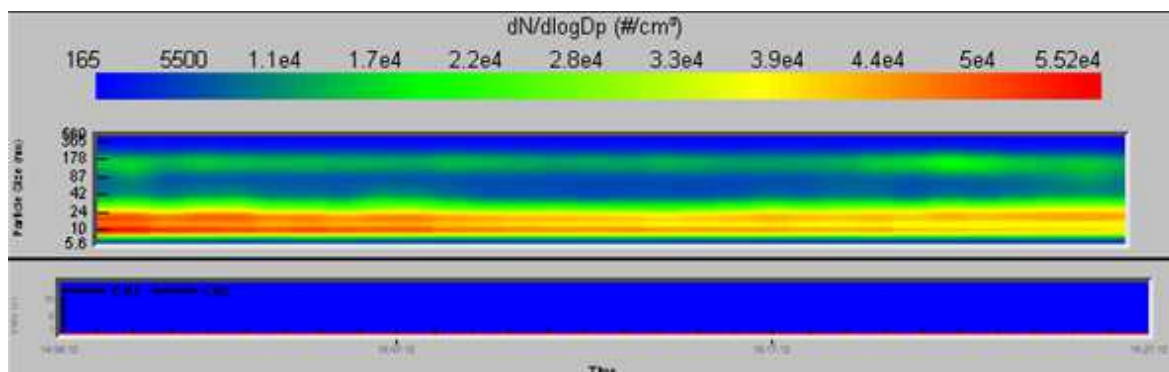
Graf č. 26: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částic.



Graf č. 27: Průběh koncentrace v celém spektru.



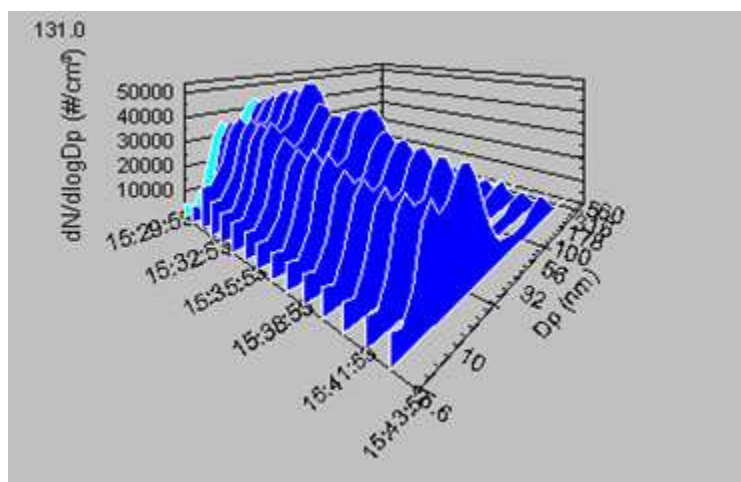
Graf č. 28: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.



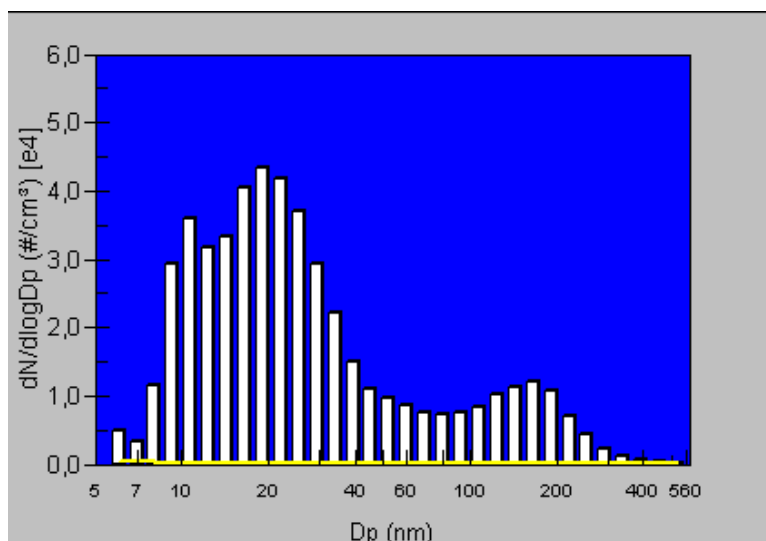
V Radvanicích dne 30. 3. 2011 začalo první měření v 14:58 a trvalo do 15:27. Maximum distribuce počtu částic prvního vrcholu histogramu je $5,52 \cdot 10^4$ část./ cm^3 o velikosti částic 11 nm a maximum distribuce počtu částic druhého vrcholu histogramu je $1,42 \cdot 10^4$ část./ cm^3 o velikosti 166 nm. Z grafu 28 vyplývá postupný pokles distribuce částic [60].

RADVANICE 30. 3. 2011 MĚŘENÍ 2.

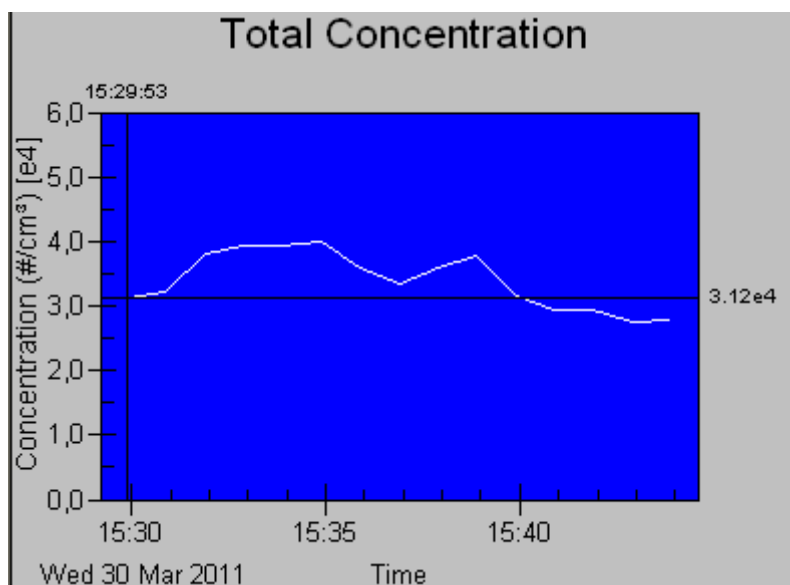
Graf č. 29: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.



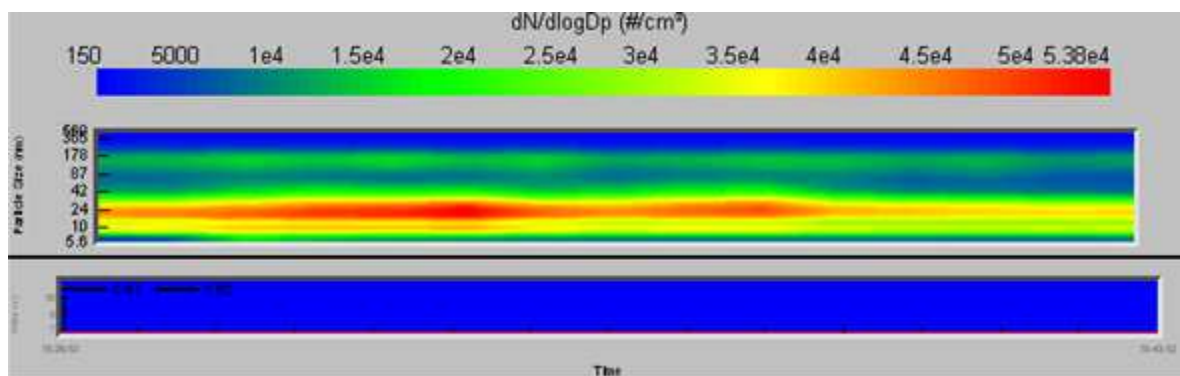
Graf č.30: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částic.



Graf č. 31: Průběh koncentrace v celém spektru.

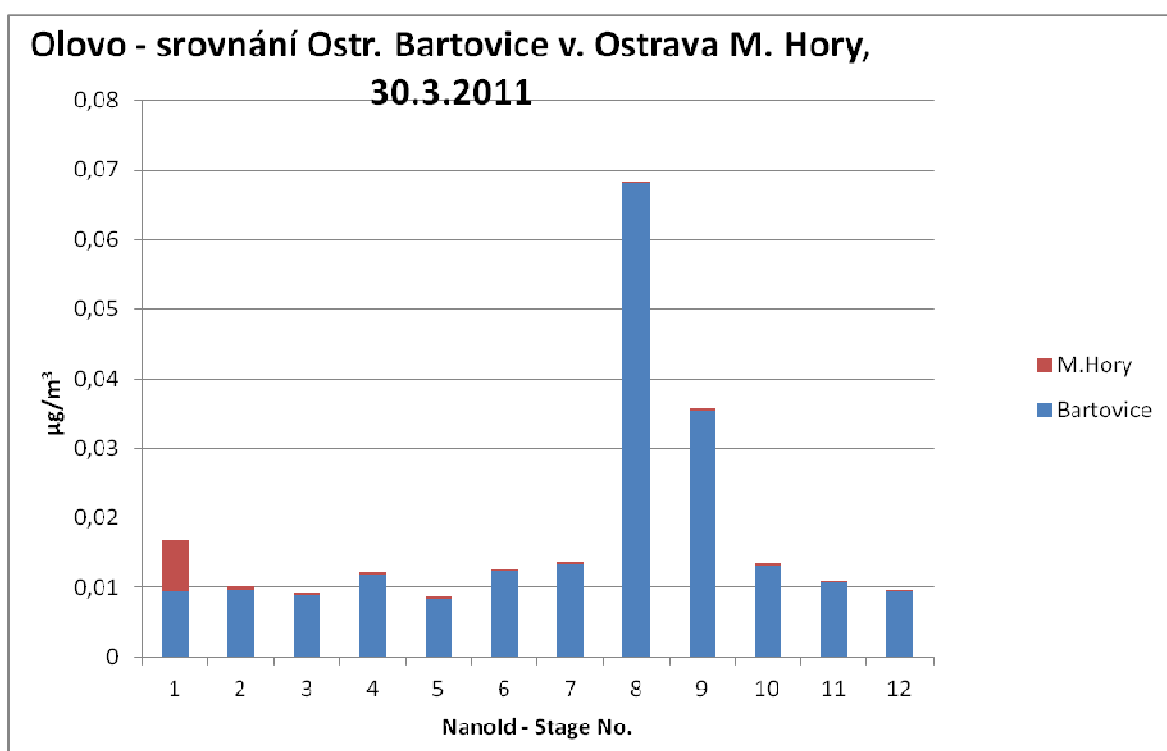


Graf č. 32: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.



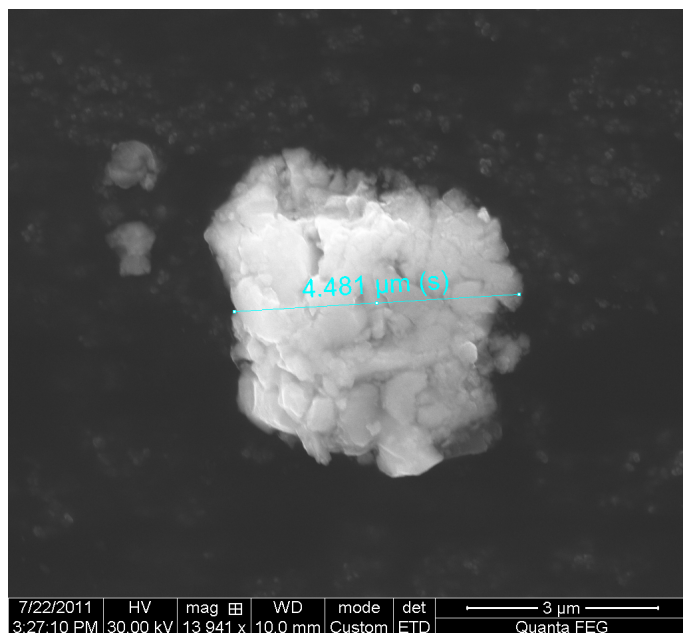
Druhé měření v tento den na stejném místě probíhalo od 15:29 do 15:43. Maximum distribuce počtu částic prvního vrcholu histogramu je $4,34 \cdot 10^4$ část./cm³ o velikosti 19 nm. Maximum distribuce počtu částic druhého vrcholu histogramu je $1,2 \cdot 10^4$ část./cm³ o velikosti 166 nm. Sto metrů od měřícího místa se nachází silnice. Měření bylo prováděno přes dopravní špičku. Na naměřené hodnoty by mohla mít vliv lokální topeniště. Směr větru vane z polské strany na vzorkovací místo, což by se mohlo odrazit na naměřených hodnotách.

Graf č. 33: Srovnání olova v Radvanicích a Mariánských Horách, 30. 3. 2011.

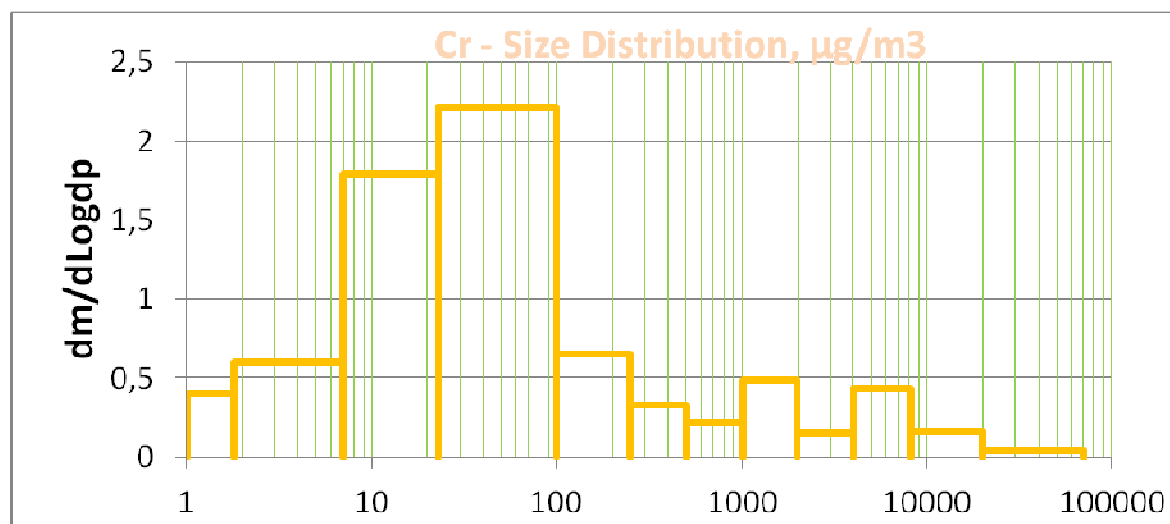


Na grafu číslo 33 je zobrazeno množství olova na jednotlivých patrech kaskádového impaktoru a porovnáno mezi oběma vzorkovacími plochami dne 30. 3. 2011. Z tohoto grafu vyplývá, že množství olova převažuje v Mariánských Horách. Na obrázku číslo 24 je pomocí SEM snímek částic kovové olovo z Mariánských Hor dne 30. 3. 2011. Na grafech číslo 34 a 35 jsou velikostní distribuce na obou měřených lokalitách dne 30. 3. 2011. Jak je na grafech patrné v obou lokalitách převládají odlišné počty a velikosti částic chromu. V Radvanicích převažují částice chromu o velikosti v rozmezí 40 nm až 100 nm a v Mariánských Horách převažují částice chromu o velikosti okolo 500 nm až 600 nm. Za různé velikostní rozmezí mohou odlišné zdroje znečištění na každé z lokalit.

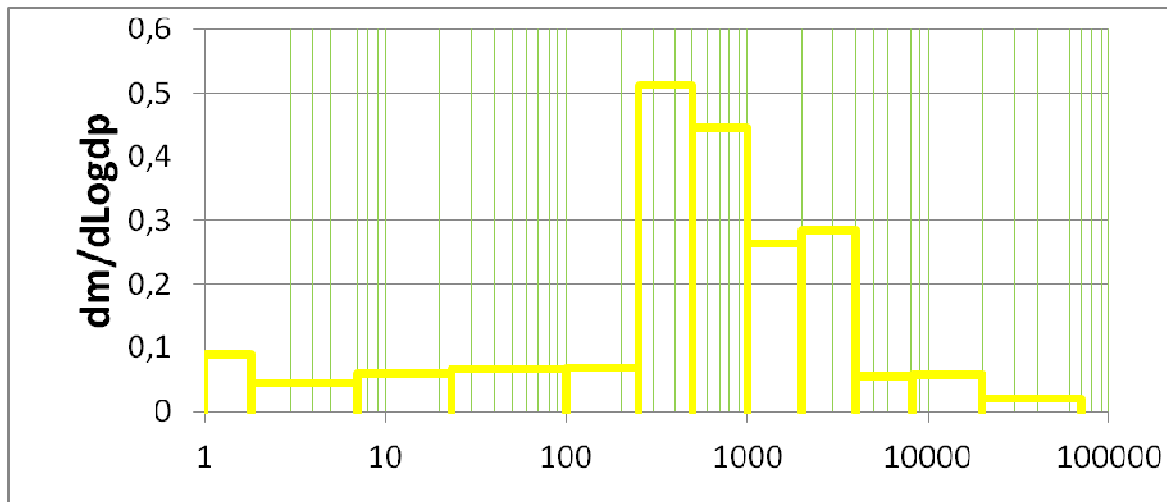
Obr. č. 24: SEM snímek částic kovového olova, Mariánské Hory 30. 3. 2011.



Graf. č. 34: Velikostní distribuce chromu v Radvanicích 30. 3. 2011.



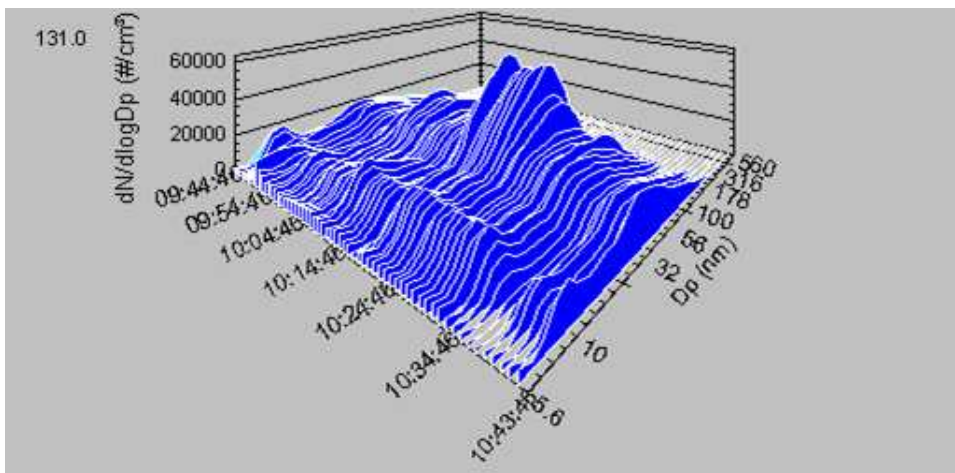
Graf. č. 35: Velikostní distribuce chromu v Mariánských Horách 30. 3. 2011.



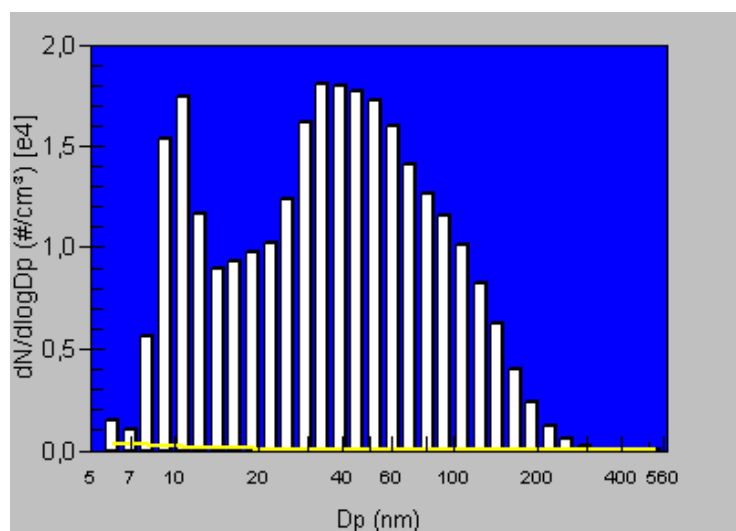
MARIÁNSKÉ HORY 7. 9. 2011 MĚŘENÍ 1.

Dne 7. 9. 2011 byly dobré rozptylové podmínky. Průměrná denní teplota v tento den byla 14,7 °C. Směr větru byl 22° 22' 22'' tedy jihozápadní a průměrná rychlost větru 2,7 m/s [60].

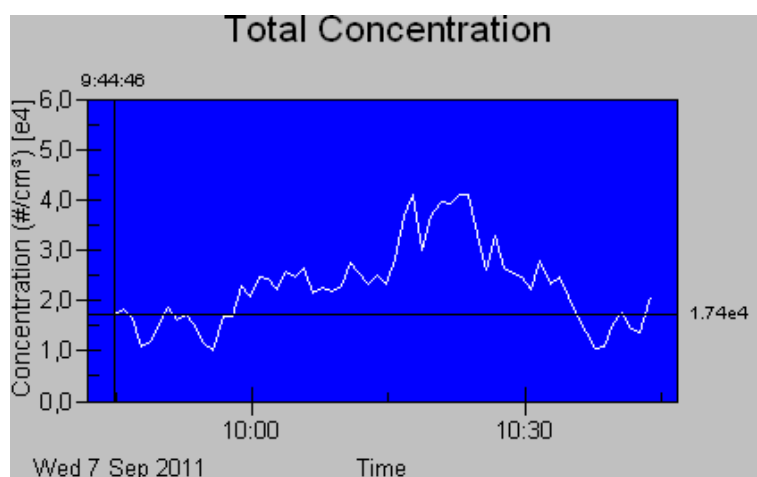
Graf. č. 36: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.



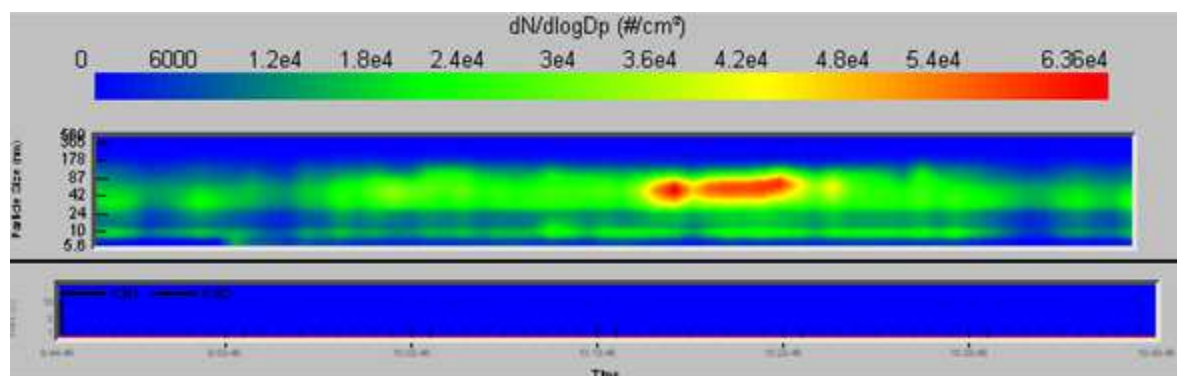
Graf č.37: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částic.



Graf č. 38: Průběh koncentrace v celém spektru.



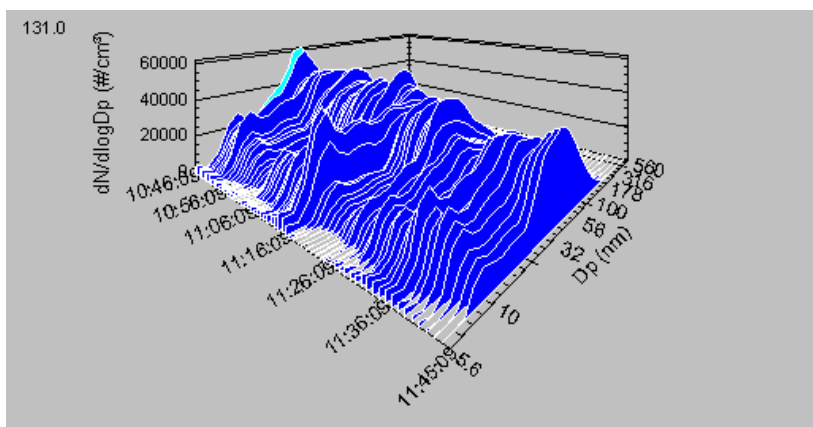
Graf č. 39: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.



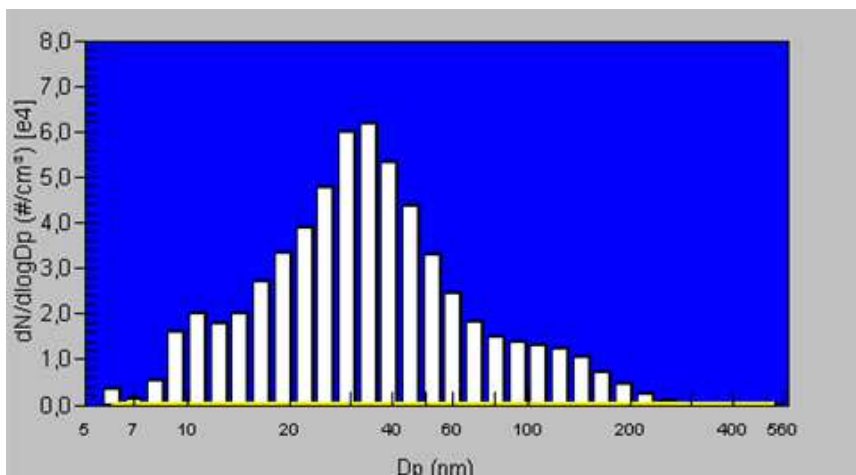
V Mariánských Horách první měření probíhalo od 9:44 do 10:34. Z grafů jsou patrná dvě maxima. První maximální distribuce počtu částic je $1,74 \cdot 10^4$ část./cm³ o velikosti 11 nm a druhá maximální distribuce počtu částic je $1,80 \cdot 10^4$ část./cm³ o velikosti částic 34 nm a 39 nm.

MARIÁNSKÉ HORY 7. 9. 2011 MĚŘENÍ 2.

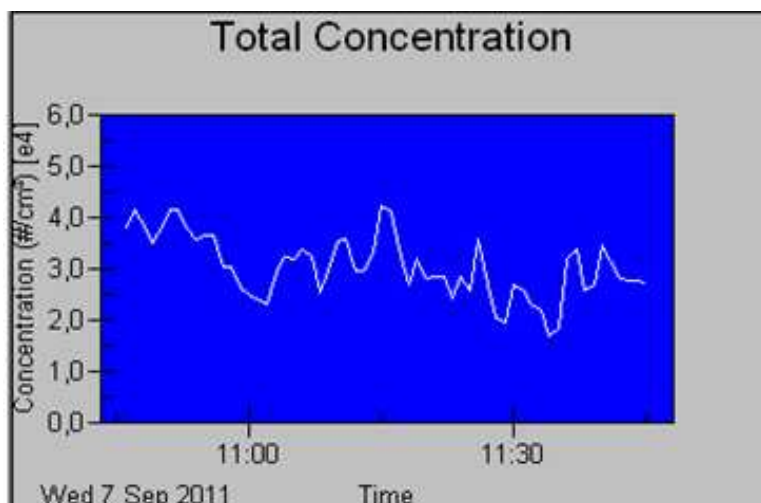
Graf č. 40: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.



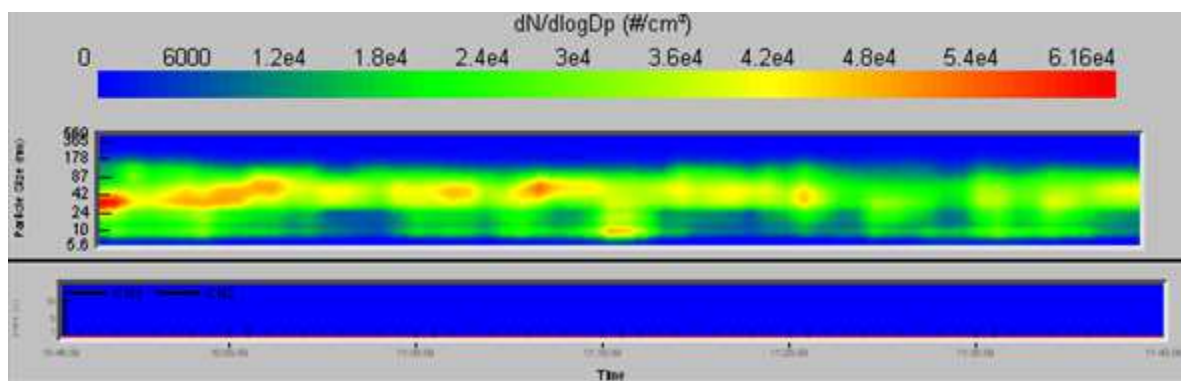
Graf č.41: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částic.



Graf č. 42: Průběh koncentrace v celém spektru.



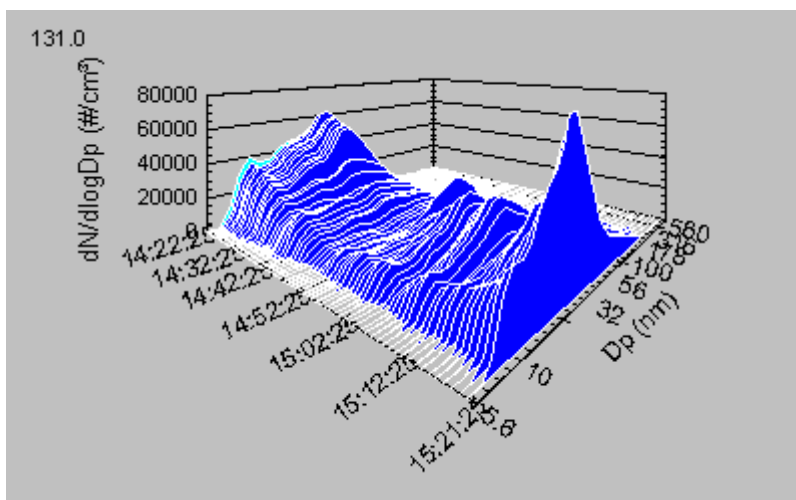
Graf č. 43: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.



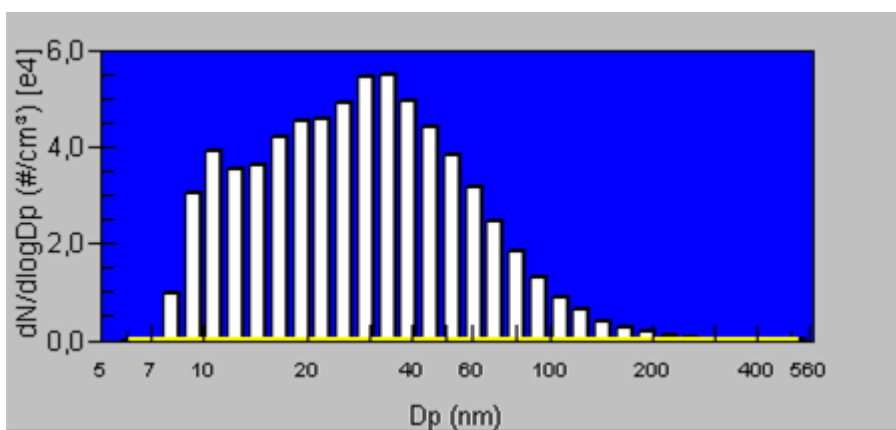
Druhé měření v ten den v tomto stejném místě probíhalo od 10:46 do 11:45. V grafu číslo 41 je patrný histogram zvonkovitého tvaru. Maximální distribuce počtu částic byla $6,16 \cdot 10^4$ část./ cm^3 o velikosti částic 34 nm. Vít vál jihozápadně od zdrojů znečištění. Jedním ze zdrojů znečištění by mohly být Vítkovice Steel. Vlivem chladného počasí by se na znečištění ovzduší mohly podílet lokální topeniště.

RADVANICE 7. 9. 2011 MĚŘENÍ 1.

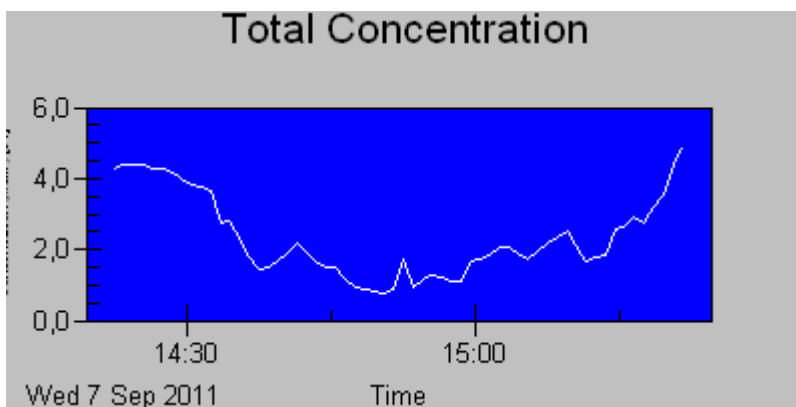
Graf č. 44: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.



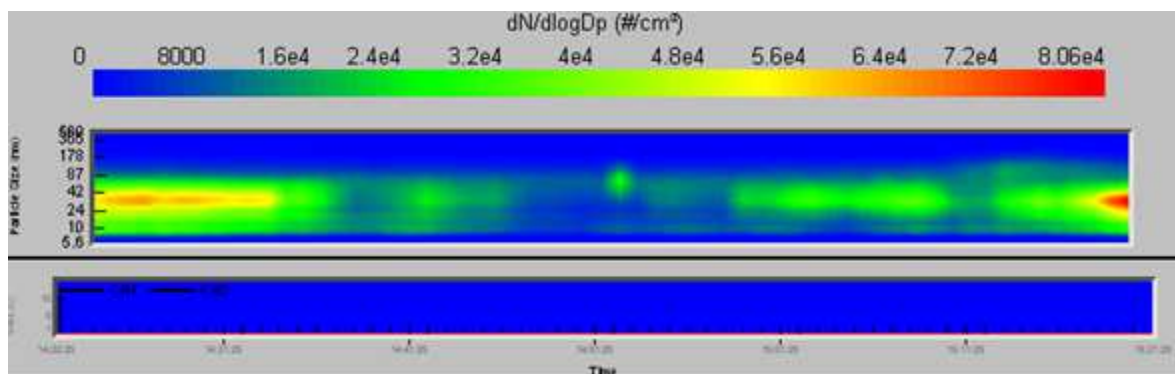
Graf č. 45: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částic.



Graf č. 46: Průběh koncentrace v celém spektru.



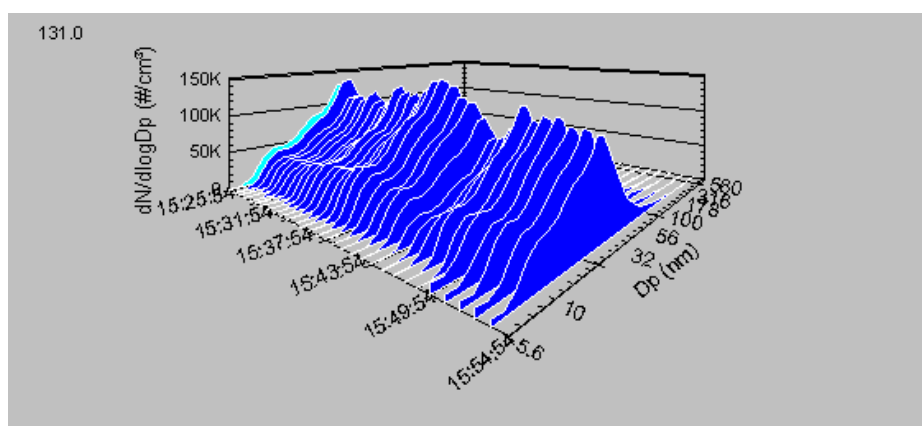
Graf č. 47: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.



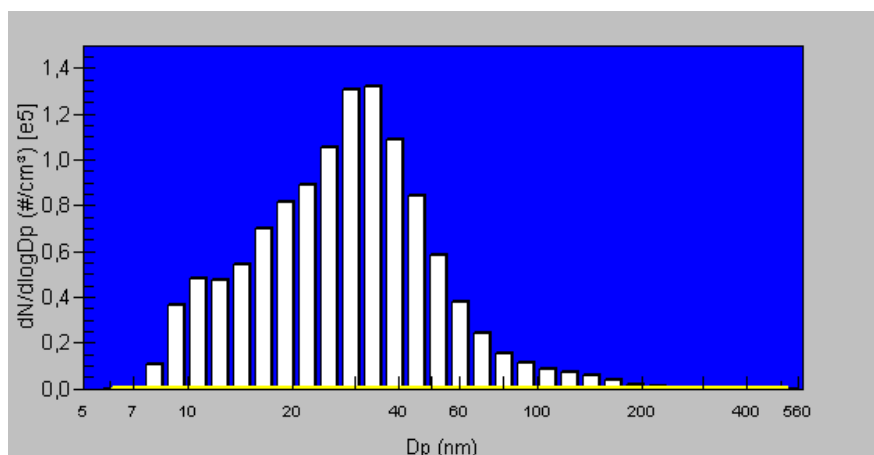
V Radvanicích dne 7. 9. 2011 bylo provedeno první měření od 14:22 do 15:21. Maximální distribuce počtu částic byla $5,47 \cdot 10^4$ část./ cm^3 o velikosti částic 34 nm.

RADVANICE 7. 9. 2011 MĚŘENÍ 2

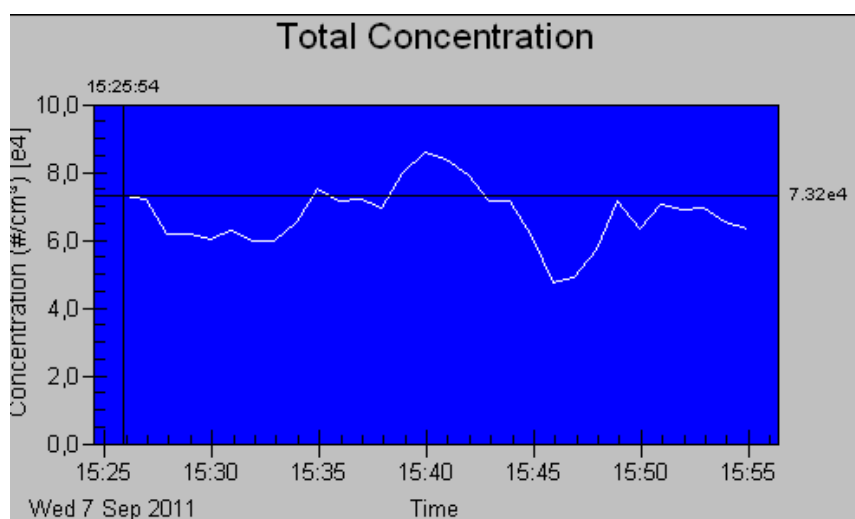
Graf č. 48: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.



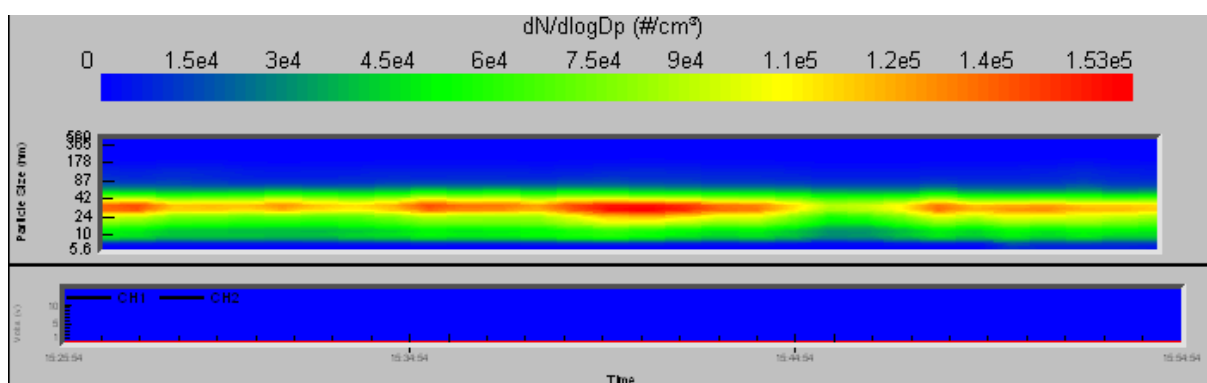
Graf č.49: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částic.



Graf č. 50: Průběh koncentrace v celém spektru.

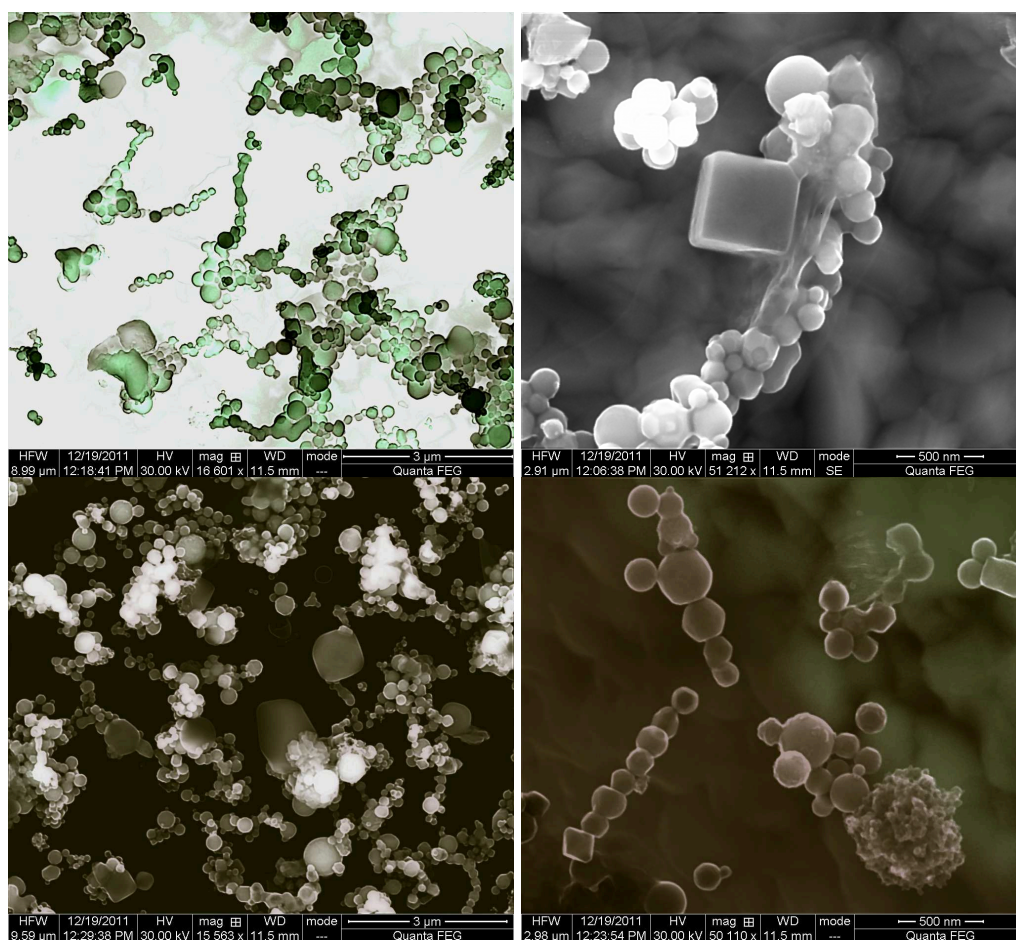


Graf č. 51: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.



Následně druhé měření proběhlo od 15:25 do 15:54. Maximum distribuce počtu částic druhého měření bylo $1,32 \cdot 10^5$ část./cm³ o velikosti 34 nm. Tento den byly v obou lokalitách naměřeny částice o velikosti 34 nm. Koncentrace těchto nanočástic byla největší v Radvanicích. Vítr vál jihozápadně od zdrojů znečištění. Jedním ze zdrojů znečištění, který se podílel na znečištění ovzduší by mohl být Mittal Steel. Vlivem chladného počasí se na znečištění mohla podílet lokální topeniště. Na obrázku číslo 25 jsou pomocí SEM snímky částic různých velikostí. Z obrázků je patrný kulový tvar částic.

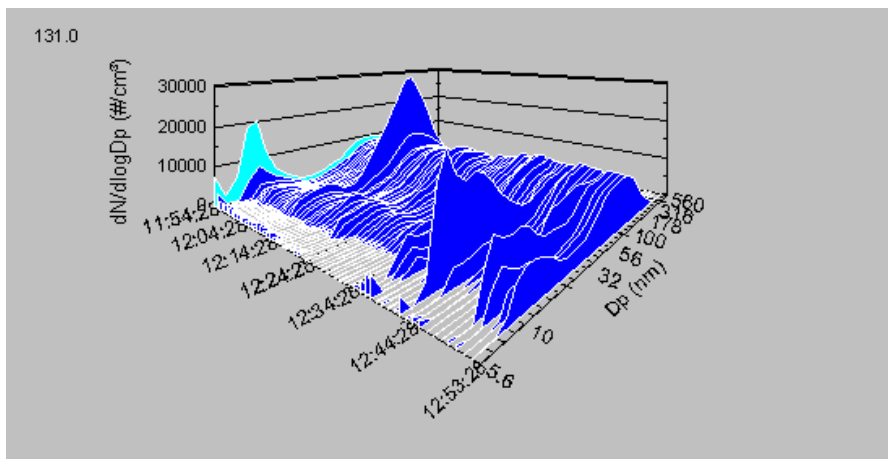
Obr.č.25: SEM snímek částic (0,5-1 μ m), Radvanice 7. 9. 2011.



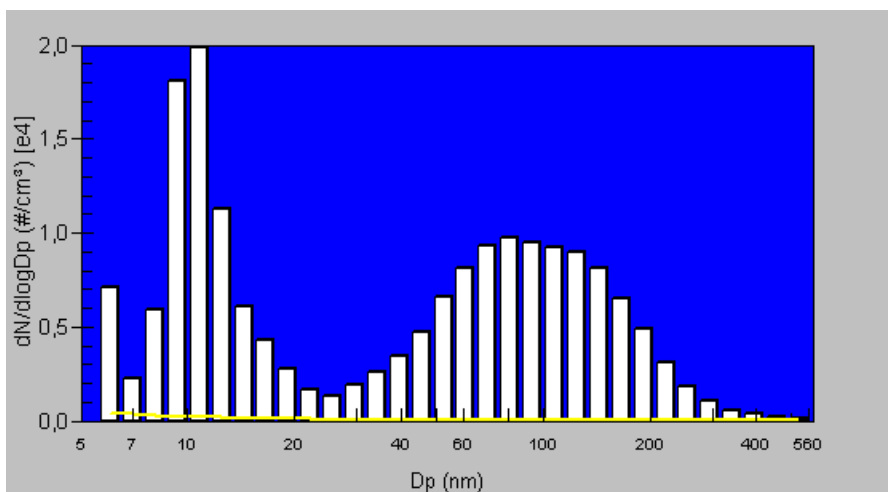
RADVANICE 22. 3. 2012 MĚŘENÍ 1.

Dne 22. 3. 2012 byly dobré rozptylové podmínky. Průměrná denní teplota v tento den byla 8,2 °C. Směr větru 31° 36' 28'' tedy severozápadní až západní a průměrná rychlost větru 2m/s [60].

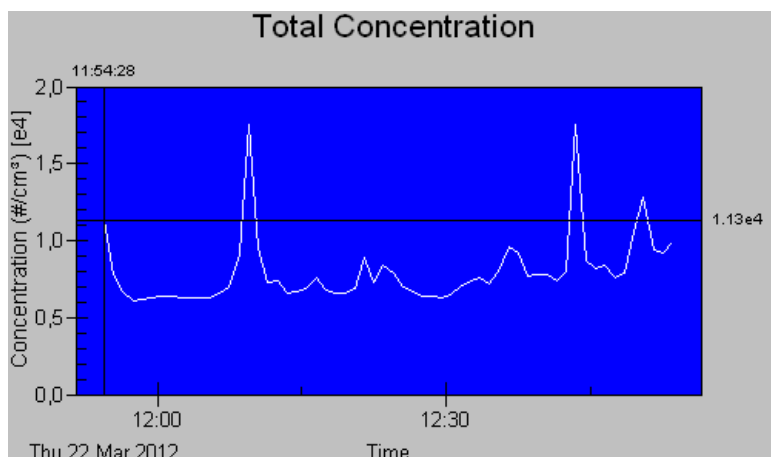
Graf č. 52: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.



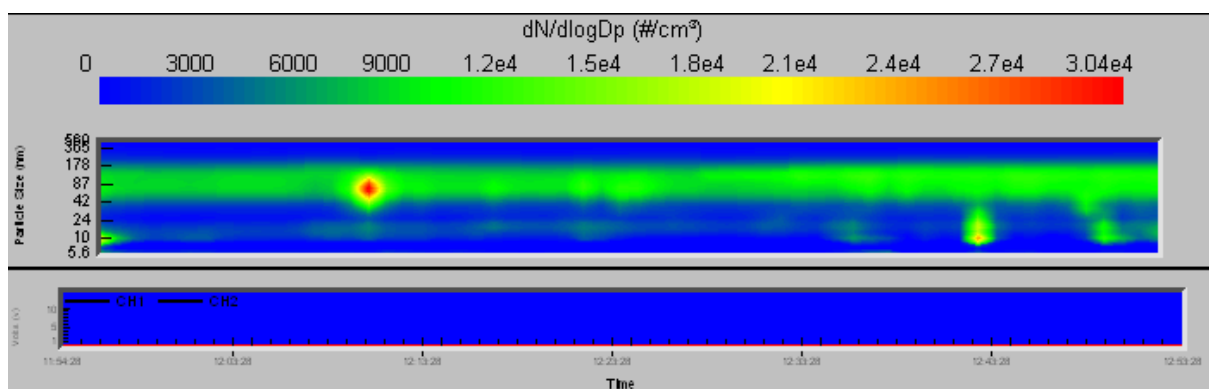
Graf č.53: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částic.



Graf č. 54: Průběh koncentrace v celém spektru.



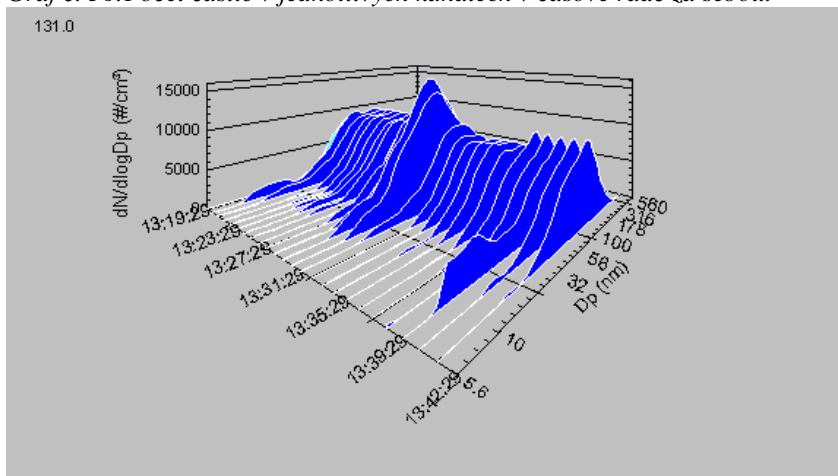
Graf č. 55: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.



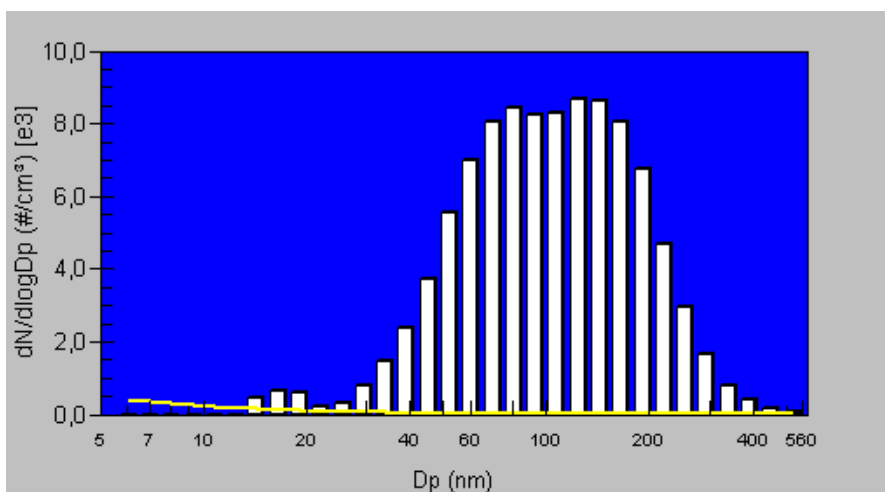
První měření v Radvanicích dne 22. 3. 2012 proběhlo od 11:54 do 12:53. Maximální distribuce počtu částic prvního vrcholu byla $1,99 \cdot 10^4$ část./ cm^3 o velikosti částic 11 nm a druhá maximální distribuce počtu částic byla $9,75 \cdot 10^3$ část./ cm^3 o velikosti 81 nm.

RADVANICE 22. 3. 2012 MĚŘENÍ 2

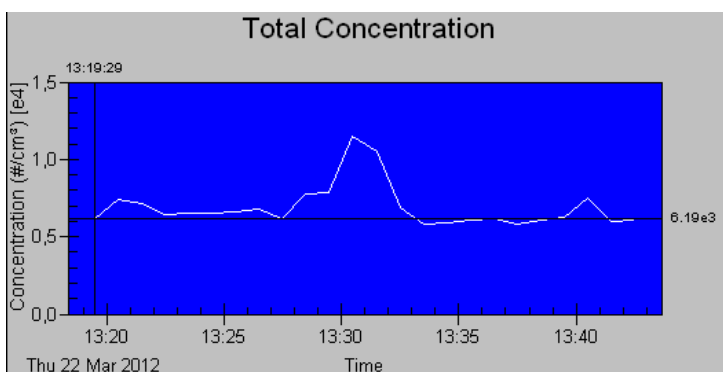
Graf č. 56: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.



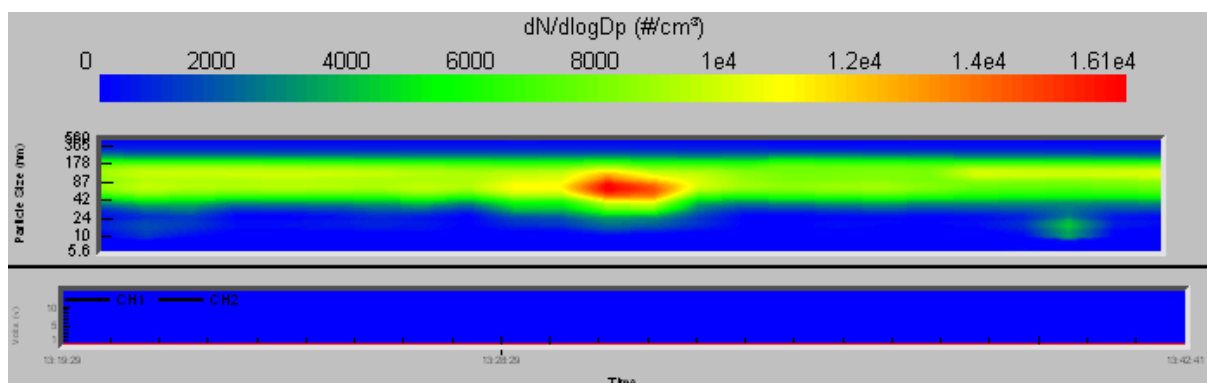
Graf č.57: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částice.



Graf č. 58: Průběh koncentrace v celém spektru.



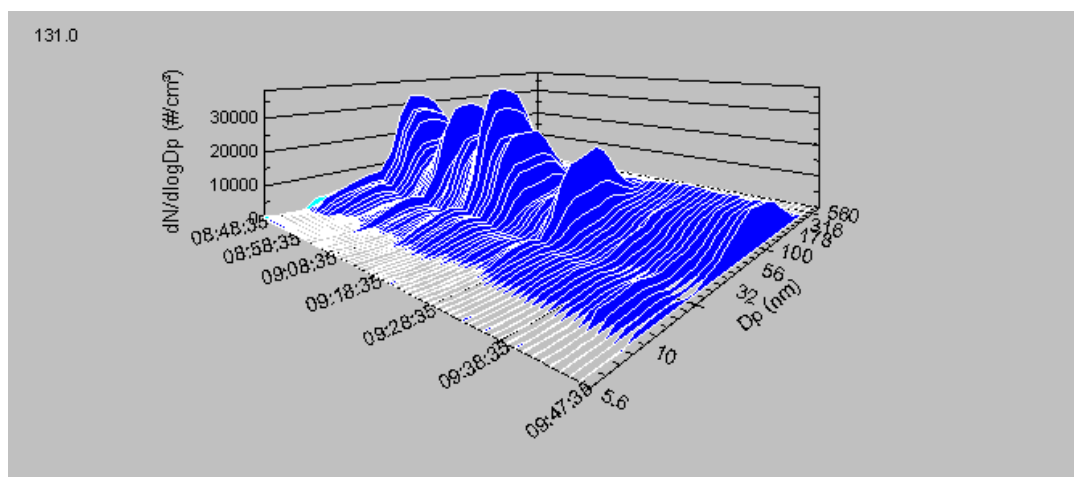
Graf č. 59: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.



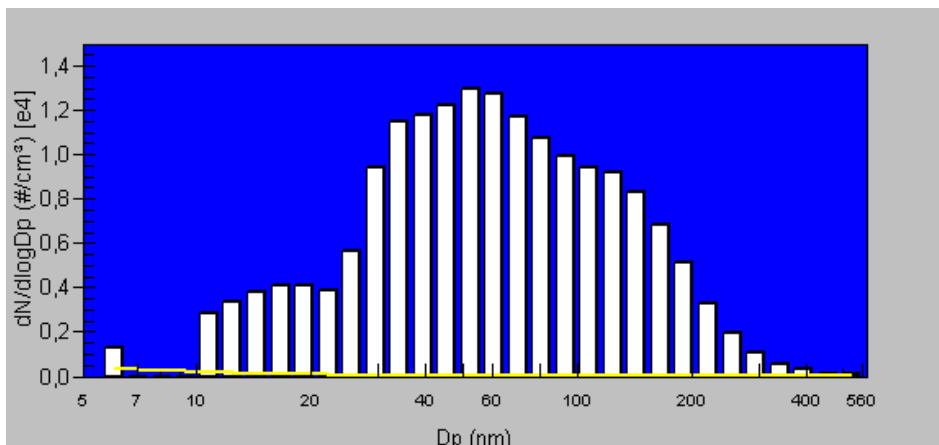
Druhé měření, které navazovalo na předchozí měření, začalo v 13:19 a bylo ukončeno v 13:42. Maximum distribuce počtu částic druhého měření bylo $8,7 \cdot 10^3$ část./ cm^3 o velikosti 124 nm. V tomto měření je absence nanočástice o velikosti 6 nm až 12 nm. Vítr váł severozápadně od zdrojů znečištění. Ke zdrojům znečištění, kteří se podílí na znečištění ovzduší patří BorsodChem MCHZ, Koksovna Jan Šverma, Koksovna Svoboda. Vlivem chladného počasí se na znečištění podílela lokální topeniště.

MARIÁNSKÉ HORY 22. 3. 2012 MĚŘENÍ 1.

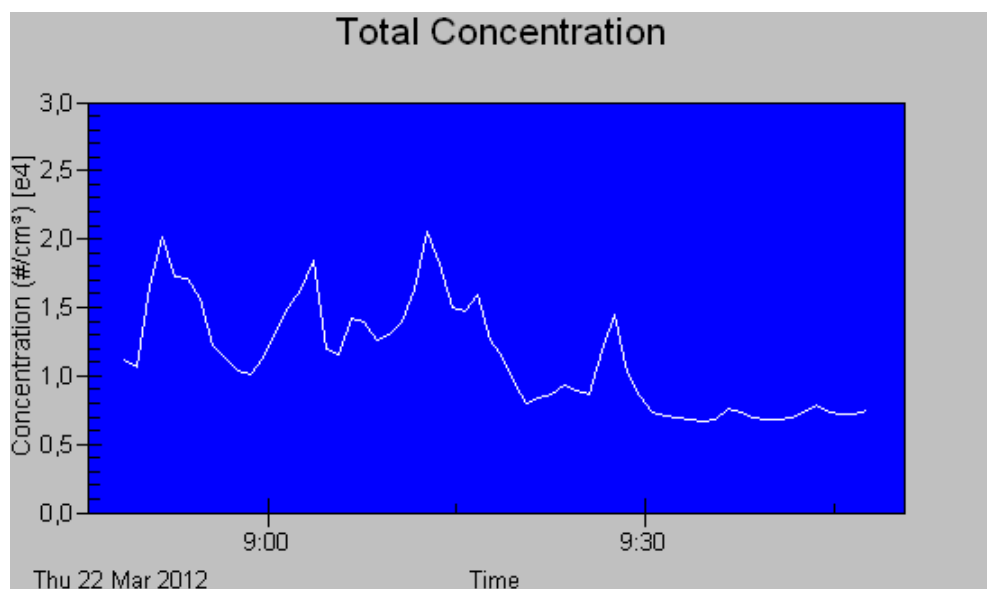
Graf č. 60: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.



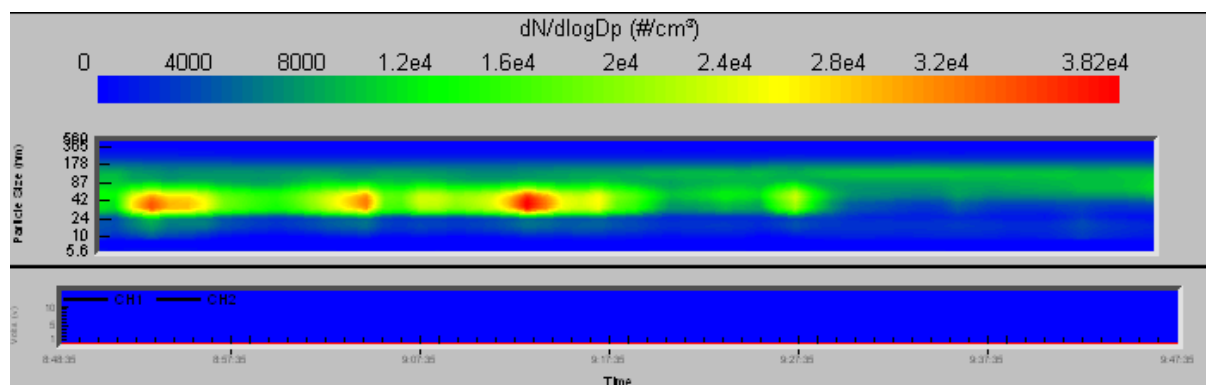
Graf č.61: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částice.



Graf č. 62: Průběh koncentrace v celém spektru.



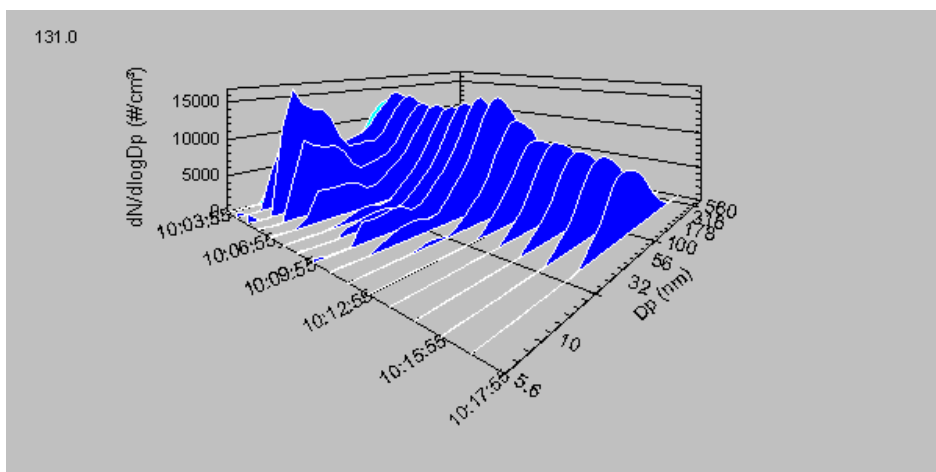
Graf č. 63: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.



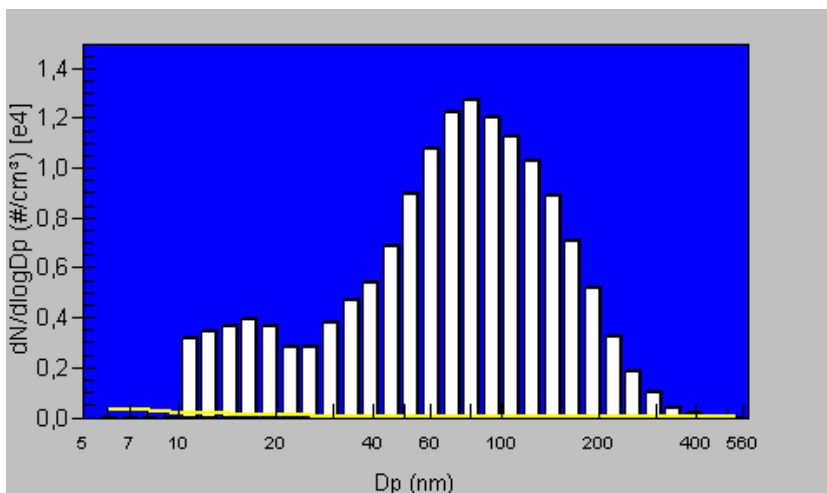
Dne 22. 3. 2012 v Mariánských Horách proběhlo první měření od 8:48 do 9:47. V místě měření právě probíhala rekonstrukce mateřské školky, což se mohlo v grafech projevit jako kolísání naměřených hodnot. Maximum distribuce počtu částic prvního měření bylo $1,29 \cdot 10^4$ část./cm³ o velikosti částic 52 nm.

MARIÁNSKÉ HORY 22. 3. 2012 MĚŘENÍ 2.

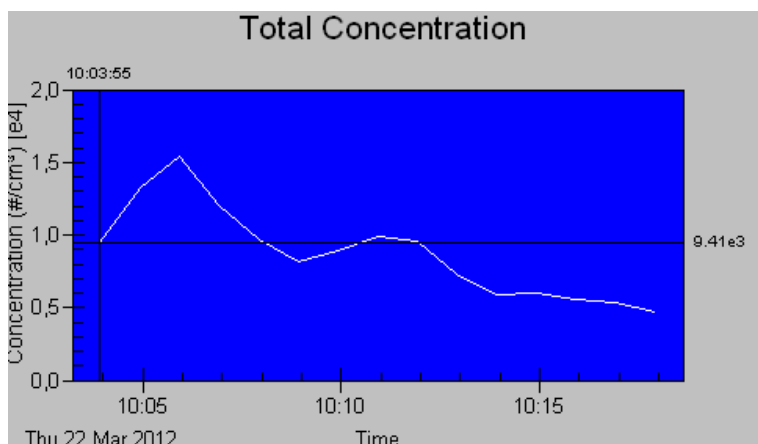
Graf č. 64: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.



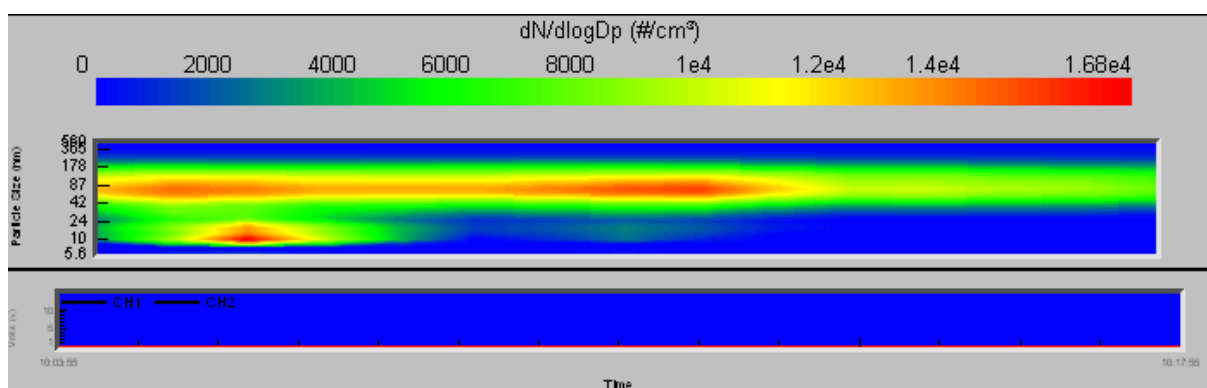
Graf č.65: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částice.



Graf č. 66: Průběh koncentrace v celém spektru.



Graf č. 67: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.



Následné druhé měření proběhlo od 10:03 do 10:17. Maximum distribuce počtu částic druhého měření bylo $1,27 \cdot 10^4$ část./ cm^3 o velikosti částic 81 nm. Vítr vál severozápadně od zdrojů znečištění. Ke zdrojům znečištění, kteří by se mohli podílet na znečištění ovzduší patří BorsodChem MCHZ, Koksovna Jan Šverma, Koksovna Svoboda a Vítkovice Steel. Vlivem chladného počasí se na znečištění mohla podílet lokální topeniště.

7 ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývá kontaminací ovzduší nanočásticemi v Moravskoslezském kraji.

Diplomová práce vyhodnocuje naměřené hodnoty v lokalitách Mariánské Hory a Radvanice. Celkový počet částic a distribuce velikosti částic ukazuje na značné rozdíly v obou lokalitách. Rozdíly mohou být způsobeny odlišnými denními teplotami. V chladných dnech by se mohlo podílet na znečištění ovzduší přitápění lokálními topeništi. Dalším zdrojem znečištění, který by mohl ovlivnit znečištění ovzduší je doprava. V dopravních špičkách byly zvýšené distribuce částic. Velký vliv na distribuci částic měl směr větru. Pokud vítr vál od velkých průmyslových zdrojů znečištění ke vzorkovacím místům byla zvýšena distribuce částic. Rozptylové podmínky mohou také ovlivňovat kontaminaci ovzduší.

Dne 1. 2. 2011 byly zhoršené rozptylové podmínky oproti jiným měřicím dnům. V tento den na obou vzorkovacích místech byla největší distribuce znečišťujících látek. Za zvýšené hodnoty by mohly například zvýšené imisní limity či lokální topeniště.

Velice zajímavým faktem bylo zjištění, že v jenom dni v obou lokalitách byly naměřeny maximální distribuce částic o stejné velikosti. Dne 7.9 2011 v lokalitě Mariánské Hory a Radvanice převažovaly částice o velikosti 34 nm. Podobně tomu, tak bylo 22. 3. 2012, v jednom z měření v Radvanicích a jednom z měření v Mariánských Horách se vyskytovaly částice, které byly v největší distribuci částic o velikosti 81 nm. Ze snímků SEM lze pozorovat částice především kulovitěho tvaru.

Monitorovací místa se různě lišila, ať už koncentrací mnoha zdrojů nebo umístěním. Z této malé série měření nelze dospět k jednoznačným výsledkům. Byla by potřeba hlubšího monitorování v kratších časových intervalech a po delší dobu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KLOUDA, Karel a Hana KUBÁTOVÁ. Možné riziko výskytu uhlíkatých nanočástic v pevných produktech hoření. Nanosloučeniny a životní prostředí. Bozpinfo [online]. 2010[cit. 2012-03-13]. Dostupné z: http://www.bozpinfo.cz/win/knihovna-bozp/citarna/tema_tydne/nanozp10.html.
- [2] Nanoscience [online]. 2008 [cit. 2012-03-09]. Dostupné z: <http://ifs.massey.ac.nz/undergrad/degrees/nanoscience/>.
- [3] Nanotechnologie a nanomateriály [online]. 2009 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z: http://www.khsova.cz/01_aktuality/nanotechnologie.php?datum=2009-03-18.
- [4] KRATOCHVÍ, Bohumil. Nanomateriály [online]. Praha, 2009 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z: http://www.vscht.cz/ipl/predmety/Prezentace%20nanomaterialy%202/NANO_1.pdf. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.
- [5] HÁJKOVÁ, Zdeňka a Petr ŠMEJKAL. Nanotechnologie pro život. Praha, 2011. Dostupné z: files.projekt5p.cz/.../DP%20nanotechnologie_pro_5P_2010_brozura.pdf.
- [6] Nanokompozity. In: Kompozity.info [online]. 2009 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z: <http://www.kompozity.info/index.php?pr=15>.
- [7] Nanokompozity. In: Kompozity.info [online]. 2009 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z: <http://www.kompozity.info/index.php?pr=15>.
- [8] KLOUDA, Karel. MOŽNÁ RIZIKA NANOČÁSTIC POCHÁZEJÍCÍCH Z ANTROPOGENNÍCH ZDROJŮ POSSIBLE RISK OF NANOPARTICLES ORIGINATED FROM ANTHROPOGENIC SOURCE. In: [online]. [cit. 2012-03-06]. Dostupné z: www.issa.int/content/download/135416/2754747/file/sl-Klouda.pdf.
- [9] HLAVÁČEK, Antonín. Nanočástice a jejich biokonjugáty. In: Nanotechnologie a biosenzory při studiu biointerakcí [online]. 2011 [cit. 2012-03-06]. Dostupné z: http://www.nanobio.cz/articles.php?article_id=6.
- [10] NOHAVICA, Dušan. RESPIRAČNÍ A KARDIOVASKULÁRNÍ PROBLÉMY SOUVISEJÍCÍ S NANOČÁSTICEM. In: [online]. 2009 [cit. 2012-03-06]. Dostupné z: <http://konference.tanger.cz/data/nanocon2009/sbornik/Lists/Papers/028.pdf>.

- [11] PAZOURKOVÁ, Lenka. Shluky mikro- a marko- metrických částic kovů ve vzorcích krčních mandlí [online]. Ostrava, 2010 [cit. 2012-03-06]. Dostupné z: https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/79023/PAZ065_USP_B3942_3942R001_2010.pdf?sequence=1. Bakalářská práce. VŠB-TUO.
- [12] BUZEA, Cristina. Nanomaterials and nanoparticles. Biointerphases [online]. 2007, č. 4 [cit. 2012-03-13]. Dostupné z: <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0801/0801.3280.pdf>.
- [13] KUBÍNEK, Roman. Vzdělávání v nanotechnologiích. In: [online]. [cit. 2012-02-20]. Dostupné z: <http://fyzika.upol.cz/cs/system/files/download/vujtek/granty/VzdelavaniNano.pdf>.
- [14] KUKAL, Jaromír. Nanotechnologie. Automatizace [online]. 2008, č. 11 [cit. 2012-03-09]. Dostupné z: <http://www.automatizace.cz/article.php?a=2347>.
- [16] PRACHOVÉ ČÁSTICE V PROSTŘEDÍ A JEJICH VLIV NA OSUD A TRANSPORT PERSISTENTNÍCH ORGANICKÝCH LÁTE [online]. Brno, 2011 [cit. 2012-03-14]. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/327948/prif_b/BCprace.pdf. Bakalářská práce. MASARYKOVA UNIVERZITA.
- [17] Polétavý prach PM10, PM2,5, PM1,0. In: Čisté nebe [online]. 2012 [cit. 2012-03-13]. Dostupné z: <http://cistenebe.cz/index.php/slovnicek-pojmu/13-poletavy-prach-pm10-pm25-pm10>.
- [18] GURJAR, Bhora, MOLINA, Luise, OJHA, Chandra. Air pollution: Health and Environmental Impacts. 1. USA: Taylor and Francis group, 2010. ISBN 978-1-4398-0963.
- [19] ZLEPŠENÍ METOD HODNOCENÍ ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ ČÁSTICEMI PM10 NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY [online]. Praha, 2009 [cit. 2012-02-11]. Dostupné z: <http://povodne.info/uoco/prj/cz0049/out/PM10CR.pdf>.
- [20] Analýza toxických a genotoxických účinků reálných směsí emitovaných z doprav [online]. 2004 [cit. 2012-02-11]. Dostupné z: <http://old.cdv.cz/text/szp/13904/zprava13904/2004/du04.pdf>.
- [21] SLEDOVÁNÍ A VYHODNOCOVÁNÍ KVALITY OVZDUŠÍ. In: Tlakinfor [online]. 2008 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z: <http://www.tlakinfor.cz/t.py?t=2&i=1590&z=2>.

- [22] TIWARY, Abhishek a Jeremy CLOOS. Air pollution. 3. vyd. USA: Routledge, 2010. ISBN 0-415-47933-9.
- [23] TOPINKA, Jan. Je nutné studovat možná rizika nanomateriálů pro lidské zdraví?. Vermír [online]. 2011[cit. 2012-03-09]. Dostupné z: <http://vesmir.cz/clanek/je-nutne-studovat-mozna-rizika-nanomaterialu-pro-lidske-zdravi>.
- [24] BUZEA, Cristina. Nanomaterials and nanoparticles. Biointerphases [online]. 2007, č. 4 [cit. 2012-03-13]. Dostupné z: <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0801/0801.3280.pdf>.
- [25] Chemické složení cigaretového kouře, co obsahuje kouř z cigaret. In: Kuřáková plíce[online]. 2012 [cit. 2012-03-14]. Dostupné z: http://www.kurakovaplice.cz/koureni_cigaret/zajimavosti-a-statistiky/co-obsahuje-cigaretovy-kour-dym/5-chemicke-slozeni-cigaretoveho-koure-co-obsahuje-kour-z-cigaret.html.
- [26] PELCLOVÁ, Daniela. Pneumokonióza. Interní medicína [online]. 2009, č. 11 [cit. 2012-03-14]. Dostupné z: <http://www.internimedicina.cz/pdfs/int/2009/05/09.pdf>.
- [27] Transplantace plic se v Česku daří, chybějí však dárce. In: Týden [online]. 2010 [cit. 2012-03-14]. Dostupné z: http://www.tyden.cz/rubriky/zdravi/transplantace-plic-se-v-cesku-dari-chybeji-vsak-darci_164715.html.
- [28] SKŘEHOT, Adolf a Marcela RUPOVÁ. Nanobezpečnost. Praha, 2011. ISBN 978-80-86973-89-0.
- [29] BERGER, Michael. Nanoparticle uptake by plants. Nano werk [online]. 2008[cit. 2012-03-19]. Dostupné z: <http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=6331.php>.
- [30] VYSLOUŽIL, Libor. Vliv nanočástic na živé organismy [online]. Brno, 2011 [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/324220/prif_b/Bc_thesis_Libor_Vyslouzil_324220.pdf. Bakalářská Práce. MASARYKOVA UNIVERZITA.
- [31] MLU. MLU [online]. 2012 [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: http://www.mlu.at/index.php?gr_id=66&k_id=506&b_id=&gp=&at=245.

- [32] Measuring Particulate Mass Emissions with the Electrical Low Pressure Impactor. *Aerosol Science and Technology* [online]. 2012, 68-79 [cit. 2012-03-9]. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/02786820500466591>.
- [33] ŠVEJCAR, J. SOUČASNÉ MOŽNOSTI CHARAKTERIZACE NANOSTRUKTU [online]. Brno, 2002[cit. 2012-03-08]. Dostupné z: <http://csnmt.fme.vutbr.cz/nano02/sbornik/86.pdf>.
- [34] Pevné částice. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2012 [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Pevn%C3%A9_%C4%8D%C3%A1stice.
- [35] Elektronový mikroskop. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2012 [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektronov%C3%BD_mikroskop.
- [36] Nástroje pro měření a vyhodnocování nanostruktury. In: Jak měřit NANO [online]. 2010 [cit. 2012-03-09]. Dostupné z: http://fyzika.upol.cz/cs/system/files/download/vujtek/granty/merit_nano.pdf.
- [37] HRDÝ, Radim. ELEKTRONOVÁ MIKROSKOPIE. Brno, 2011. ISBN CZ.1.07/2.3/00/09.0224. Budování výzkumných týmů a rozvoj univerzitního vzdělávání výzkumných odborníků pro mikro- a nanotechnologie. [online]. 2012 [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: <http://web.natur.cuni.cz/parasitology/parpages/mikroskopickatechnika/elektronova.htm>.
- [38] JÄGER, A. Elektronovým mikroskopem do nitra materiálů aneb jak vypadá jejich struktura. In: Fyzikální ústav [online]. 2008 [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: Elektronovým mikroskopem do nitra materiálů aneb jak vypadá jejich struktura.
- [39] Mikroskopie skenující sondou. In: Atmilab [online]. Olomouc, 2003 [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: <http://atmilab.upol.cz/mss/mss.pdf>.
- [40] VŮJTEK, M. Charakterizace nanočásti. [online]. 2010[cit. 2012-03-9]. Dostupné z: http://www.rmi.cz/editor/image/produkty_soubory/Vujtek%20nanocastice.pdf.
- [41] KLEMEŠ, J. Studium biomolekul pomocí AFM. Brno, 2008. . [online]. 2010[cit. 2012-03-9]. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/101415/prif_b/klemes_bp.txt. Bakalářská práce. Masarykova univerzita.

- [42] WEIS, Z. ANALYSIS OF NANOSTRUCTURED MATERIALS - Ph.D. STUDENTS COURSE. International Conference on Engineering Education [online]. 2001[cit. 2012-03-13]. Dostupné z: <http://www.ineer.org/Events/ICEE2001/Proceedings/papers/479.pdf>.
- [43] Czech aerosol society [online]. 2010[cit. 2012-03-11]. ISBN 978-80-86186-25-2. Dostupné z: http://cas.icpf.cas.cz/download/Sbornik_VKCAS_2010.pdf.
- [44] SKŘEHOT, Petr. EVALUATION OF EXPOSURE TO AEROSOLS ON DIFFERENT TYPES OF WORKPLACE. Nanocon [online]. 2010, č. 14 [cit. 2012-03-11]. Dostupné z: http://www.nanocon.cz/files/proceedings/nanocon_10/lists/papers/394.pdf.
- [45] NOHAVICA, Dušan. Rizika nanomateriálů a nanotechnologií pro lidské zdraví a životní prostředí. [online]. 2011[cit. 2012-03-13]. Dostupné z: <http://www.ufe.cz/media/nohavica-rizika-nanomaterialu-2011.pdf>.
- [46] Mapy.cz [online]. 2012 [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: www.mapy.cz.
- [47] Nanoparticles in Ostrava urban Atmosphere. In: DAMIHELKA, Pavel. Www.zuova.cz [online]. 2011 [cit. 2012-03-08]. Dostupné z: http://www.zuova.cz/informace/poster_nanoparticles_in_the_ostrava_urban_atmosphere.pdf.
- [48] Smogová kalamita na Ostravsku trvá. Na tu příští zareagují největší znečišťovatelé ovzduší dříve. Ihned [online]. 2011, [cit. 2012-03-01]. Dostupné z: <http://byznys.ihned.cz/zpravodajstvi-cesko/c1-49710050-smogova-kalamita-na-ostravsku-trva-na-tu-pristi-zareaguj-nejvetsi-znecestovatele-ovzdusi-drive>.
- [49] Nano-ID Select Wide Range Aerosol Sampler. Particle Measuring Systems [online]. 2002-2012 [cit. 2012-03-27]. Dostupné z: <http://www.pmeasuring.com/particleCounter/nanoParticleSamplers/particleCharacterization/nanoSelect>.
- [50] Sampler Nano-ID™ Select. Naneum [online]. 2010 [cit. 2012-03-27]. Dostupné z: <http://www.naneum.com/products/particle-measurement/samplers/nano-id-select.html>.
- [51] Wide Range Aerosol Sampling System: Nano ID Select 005. Canterbury, 2009.
- [52] KALIČÁKOVÁ, Z. Vzorkovací sklíčko. Ostrava, 2012.

- [53] Tem grid [online]. 2009 [cit. 2012-03-27]. Dostupné z: <http://www.grid-tech.com/catalog.htm>.
- [54] Model 3091 Fast Mobility Particle Sizer TM Spectromete [online]. 2004 [cit. 2012-03-27]. Dostupné z: <http://www.kenelec.com.au/sitebuilder/products/files/116/3091.pdf>.
- [55] Fast Mobility Particle Sizer Spectrometer 3091 [online]. 2012 [cit. 2012-03-27]. Dostupné z: <http://www.tsi.com/fast-mobility-particle-sizer-spectrometer-3091/>.
- [56] MIHALJEVIČ, Martin. VYUŽITÍ HMOTNOSTNÍ SPEKTROMETRIE S INDUKČNĚ VÁZANÝM PLAZMATEM V GEOCHEMI. In: [online]. 2004 [cit. 2012-03-27]. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2004_03_02.pdf
- [57] MIHALJEVIČ, Martin. VYUŽITÍ HMOTNOSTNÍ SPEKTROMETRIE S INDUKČNĚ VÁZANÝM PLAZMATEM V GEOCHEMI. In: [online]. 2004 [cit. 2012-03-27]. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2004_03_02.pdf.
- [58] NEBESÁŘOVÁ, Jana. Konstrukce mikroskopu. [online]. 2001[cit. 2012-04-06]. Dostupné z: <http://www.paru.cas.cz/lem/book/Podkap/7.1.html>.
- [59] DAMIHELKA, Pavel. Nanoparticles in Ostrava urban Atmosphere. [online]. 2011 [cit.2012-03-08].Dostupnéz:http://www.zuova.cz/informace/poster_nanoparticles_in_the_ostrava_urban_atmosphere.pdf.
- [60] ČHMÚ. Přehled směru a intenzity větru, teploty a rozptylových podmínek v jednotlivých dnech. Ostrava, 2012.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.č.1	Nanoměřítka	-2-
Obr.č.2a	Jednovrstvá uhlíková trubice.....	-3-
Obr.č.2b	Vícevrstvá uhlíková trubice.....	-3-
Obr.č.3a	Typické částice z výfukových plynů.....	-10-
Obr.č.3b	Grafické znázornění koncentrace částic klesajících exponenciálně se vzdáleností mobilního zdroje od dálnice.....	-10-
Obr.č.4a	Rentgenový snímek komplikované silikózy	-11-
Obr.č.4b	Rentgenový snímek zdravých plic.....	-11-
Obr.č.5	Přístroj ELPI+.....	-15-
Obr.č.6	Elektrický nízkotlaký impaktor	-15-
Obr.č.7	Řez tubusem SEM.....	-17-
Obr.č.8	Schéma znázorňuje princip TEM a SEM.....	-18-
Obr.č.9	Sestava mikroskopu SPM.....	-19-
Obr.č.10	Schéma AFM.....	-20-
Obr.č.11	Model 3934, SMPS.....	-21-
Obr.č.12	Část mapy Ostravy a okolí s vyznačeným popisovaným územím: Ostrava-Radvanice.....	-23-
Obr.č.13	Část mapy Ostravy a okolí s vyznačeným popisovaným územím: Ostrava-Mariánské Hory.....	-24-
Obr.č.14	Vzorkovač Nano-ID Select.....	-26-
Obr.č.15	Princip jednoho patra v impaktoru.....	-27-
Obr.č.16	Vzorkovací skleněná destička.....	-30-
Obr.č.17	Tem grid.....	-30-
Obr.č.18	Mobility Particle Sizer 3091 (FMP TM).....	-31-
Obr.č.19	Schéma Mobility Particle Sizer 3091 (FMP TM).....	-32-
Obr.č.20	Schéma ICP-SM.....	-33-
Obr.č.21	Blokové schéma SEM.....	-34-
Obr.č.23	Mapa Ostravy se zaznačenými průmyslovými zdroji znečištění.....	-35-
Obr.č.24	SEM snímek částic kovového olova, Mar. Hory.....	-50-
Obr.č.25	SEM snímek částic (0,5-1µm).....	-58-

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1	Imisní limity vybraných znečišťujících látek a přípustné četnosti jejich překročení	-8-
Tabulka č.2	Cílové imisní limity vybraných znečišťujících látek vyhlášené pro ochranu zdraví lidí	-8-
Tabulka č.3	Impaktor-velikosti frakce.....	-28-
Tabulka č.4	Velikosti frakcí a pórovitost	-29-
Tabulka č.5	Přehled směru a intenzity větru, teploty a rozptylových podmínek.....	-35-

SEZNAM GRAFŮ

Graf č. 1: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.....	36-
Graf č.2: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částice.....	36-
Graf č. 3: Průběh koncentrace v celém spektru.....	36-
Graf č. 4: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.....	37-
Graf č. 5: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.....	37-
Graf č.6: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částice.....	38-
Graf č. 7: Průběh koncentrace v celém spektru.....	38-
Graf č. 8: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.....	38-
Graf č. 9: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.....	39-
Graf č.10: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částice.....	39-
Graf č. 11: Průběh koncentrace v celém spektru.....	40-
Graf č. 12: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.....	40-
Graf č. 13: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.....	41-
Graf č.14: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částice.....	41-
Graf č. 15: Průběh koncentrace v celém spektru.....	41-
Graf č. 16: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.....	42-
Graf č. 17: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.....	42-
Graf č.18: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částice.....	43-
Graf č. 19: Průběh koncentrace v celém spektru.....	43-
Graf č. 20: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.....	43-
Graf č. 21: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.....	44-
Graf č.22: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částice.....	44-
Graf č.23: Průběh koncentrace v celém spektru.....	45-
Graf č. 24: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.....	45-
Graf č. 25: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.....	46-
Graf č.26: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částice.....	46-
Graf č. 27: Průběh koncentrace v celém spektru.....	46-
Graf č. 28: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.....	47-
Graf č. 29: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.....	47-
Graf č.30: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částice.....	48-

Graf č. 31: Průběh koncentrace v celém spektru.....	48-
Graf č. 32: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.....	48-
Graf č.33: Srovnání olova v Radvanicích a Mariánských Horách, 30.3.2011.....	49-
Graf.č.34: Velikostní distribuce chromu v Radvanicích 30.3.2011.....	50-
Graf.č.35: Velikostní distribuce chromu v Mariánských Horách 30.3.2011	51-
Graf č. 36: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.....	51-
Graf č.37: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částice.....	52-
Graf č. 38: Průběh koncentrace v celém spektru.....	52-
Graf č. 39: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.....	52-
Graf č. 40: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.....	53-
Graf č.41: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částice.....	53-
Graf č. 42: Průběh koncentrace v celém spektru.....	54-
Graf č. 43: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.....	54-
Graf č. 44: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.....	55-
Graf č.45: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částice.....	55-
Graf č. 46: Průběh koncentrace v celém spektru.....	55-
Graf č. 47: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.....	56-
Graf č. 48: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.....	56-
Graf č.49: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částice.....	57-
Graf č. 50: Průběh koncentrace v celém spektru.....	57-
Graf č. 51: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.....	57-
Graf č. 52: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.....	59-
Graf č.53: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částice.....	59-
Graf č. 54: Průběh koncentrace v celém spektru.....	60-
Graf č. 55: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.....	60-
Graf č. 56: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.....	61-
Graf č.57: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částice.....	61-
Graf č. 58: Průběh koncentrace v celém spektru.....	61-
Graf č. 59: Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.....	62-
Graf č. 60: Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.....	62-
Graf č.61: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částice.....	63-
Graf č. 62: Průběh koncentrace v celém spektru.....	63-

Graf č. 63:Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.....	63-
Graf č. 64:Počet částic v jednotlivých kanálech v časové řadě za sebou.....	64-
Graf č.65: Histogram závislosti koncentrace na velikosti částice.....	64-
Graf č. 66: Průběh koncentrace v celém spektru.....	65-
Graf č. 67:Grafické zobrazení počtu částic na cm^3 v závislosti na čase.....	65-

PŘÍLOHA

Tabulka č. 1 : Naměřené střední hodnoty jednotlivých velikostních kanálů v Mariánských Horách 1. 2. 2011, první měření.

Midpt Dp (nm)	dN/dlogDp #/cm ³	Surface nm ² /cm ³	Volume nm ³ /cm ³	Mass μg/m ³	Density g/cm ³
6.04	8.18e+03	9.38e+05	9.44e+05	1.13e-03	1.20
6.98	4.56e+03	6.98e+05	8.13e+05	9.75e-04	1.20
8.06	7.61e+03	1.55e+06	2.09e+06	2.51e-03	1.20
9.31	1.73e+04	4.72e+06	7.33e+06	8.79e-03	1.20
10.75	2.06e+04	7.47e+06	1.34e+07	1.61e-02	1.20
12.41	1.73e+04	8.39e+06	1.74e+07	2.08e-02	1.20
14.33	2.00e+04	1.29e+07	3.08e+07	3.69e-02	1.20
16.55	2.85e+04	2.45e+07	6.76e+07	8.11e-02	1.20
19.11	3.01e+04	3.46e+07	1.10e+08	0.132	1.20
22.07	2.50e+04	3.83e+07	1.41e+08	0.169	1.20
25.48	2.37e+04	4.83e+07	2.05e+08	0.246	1.20
29.43	2.61e+04	7.10e+07	3.48e+08	0.418	1.20
33.98	2.55e+04	9.25e+07	5.24e+08	0.629	1.20
39.24	2.19e+04	1.06e+08	6.94e+08	0.833	1.20
45.32	1.86e+04	1.20e+08	9.06e+08	1.09	1.20
52.33	1.54e+04	1.33e+08	1.16e+09	1.33	1.15
60.43	1.23e+04	1.41e+08	1.42e+09	1.56	1.10
69.78	9.17e+03	1.40e+08	1.63e+09	1.63	1.00
80.58	8.93e+03	1.82e+08	2.45e+09	2.32	0.950
93.06	1.16e+04	3.15e+08	4.89e+09	4.40	0.900
107.46	1.77e+04	6.43e+08	1.15e+10	9.79	0.850
124.09	2.73e+04	1.32e+09	2.73e+10	21.9	0.800
143.30	3.46e+04	2.23e+09	5.33e+10	40.0	0.750
165.48	3.95e+04	3.40e+09	9.38e+10	65.6	0.700
191.10	3.71e+04	4.26e+09	1.36e+11	88.2	0.650
220.67	2.75e+04	4.20e+09	1.54e+11	92.7	0.600
254.83	1.88e+04	3.84e+09	1.63e+11	89.6	0.550
294.27	1.12e+04	3.04e+09	1.49e+11	74.7	0.500
339.82	6.09e+03	2.21e+09	1.25e+11	56.3	0.450
392.42	3.52e+03	1.70e+09	1.11e+11	44.6	0.400
453.16	1.92e+03	1.24e+09	9.38e+10	32.8	0.350
523.30	1.31e+03	1.12e+09	9.81e+10	29.4	0.300
Median (nm)	46.9	221.1	266.0	236.8	---
Mean (nm)	92.6	240.7	287.8	257.9	---
Geo. Mean (nm)	52.6	215.8	265.0	236.6	---
Mode (nm)	165.48	191.10	254.83	220.67	---
Geo.Std.Dev.	3.11	1.66	1.52	1.54	---
Total	3.62e+04	1.92e+09	7.70e+10	41.3	---

Tabulka č.2 : Naměřené střední hodnoty jednotlivých velikostních kanálů v Mariánských Horách 1. 2. 2011, druhé měření.

Midpt Dp (nm)	dN/dlogDp #/cm ³	Surface nm ² /cm ³	Volume nm ³ /cm ³	Mass μg/m ³	Density g/cm ³
6.04	7.05e+03	8.07e+05	8.13e+05	9.75e-04	1.20
6.98	4.31e+03	6.60e+05	7.68e+05	9.22e-04	1.20
8.06	7.62e+03	1.56e+06	2.09e+06	2.51e-03	1.20
9.31	1.70e+04	4.62e+06	7.17e+06	8.60e-03	1.20
10.75	1.92e+04	6.96e+06	1.25e+07	1.50e-02	1.20
12.41	1.42e+04	6.89e+06	1.43e+07	1.71e-02	1.20
14.33	1.17e+04	7.57e+06	1.81e+07	2.17e-02	1.20
16.55	1.17e+04	1.00e+07	2.77e+07	3.32e-02	1.20
19.11	1.14e+04	1.31e+07	4.17e+07	5.00e-02	1.20
22.07	1.10e+04	1.68e+07	6.20e+07	7.44e-02	1.20
25.48	1.11e+04	2.27e+07	9.66e+07	0.116	1.20
29.43	1.18e+04	3.22e+07	1.58e+08	0.189	1.20
33.98	1.12e+04	4.05e+07	2.29e+08	0.275	1.20
39.24	9.13e+03	4.42e+07	2.89e+08	0.347	1.20
45.32	8.25e+03	5.32e+07	4.02e+08	0.483	1.20
52.33	8.51e+03	7.32e+07	6.39e+08	0.734	1.15
60.43	7.85e+03	9.01e+07	9.07e+08	0.998	1.10
69.78	6.28e+03	9.60e+07	1.12e+09	1.12	1.00
69.78	6.28e+03	9.60e+07	1.12e+09	1.12	1.00
80.58	6.76e+03	1.38e+08	1.85e+09	1.76	0.950
93.06	9.30e+03	2.53e+08	3.92e+09	3.53	0.900
107.46	1.48e+04	5.37e+08	9.62e+09	8.18	0.850
124.09	2.33e+04	1.13e+09	2.33e+10	18.6	0.800
143.30	2.90e+04	1.87e+09	4.46e+10	33.5	0.750
165.48	3.18e+04	2.74e+09	7.56e+10	52.9	0.700
191.10	2.93e+04	3.36e+09	1.07e+11	69.6	0.650
220.67	2.13e+04	3.26e+09	1.20e+11	72.0	0.600
254.83	1.44e+04	2.95e+09	1.25e+11	68.8	0.550
294.27	8.64e+03	2.35e+09	1.15e+11	57.6	0.500
339.82	4.75e+03	1.72e+09	9.75e+10	43.9	0.450
392.42	2.76e+03	1.33e+09	8.73e+10	34.9	0.400
453.16	1.52e+03	9.82e+08	7.42e+10	26.0	0.350
523.30	1.04e+03	8.92e+08	7.78e+10	23.3	0.300
Median (nm)	83.3	220.3	265.3	235.5	---
Mean (nm)	104.0	241.4	287.4	257.6	---
Geo. Mean (nm)	58.5	218.4	264.7	236.8	---
Mode (nm)	165.48	191.10	254.83	220.67	---
Geo.Std.Dev.	3.34	1.61	1.52	1.52	---
Total	2.43e+04	1.50e+09	6.04e+10	32.4	---

Tabulka č. 3 : Naměřené střední hodnoty jednotlivých velikostních kanálů v Radvanicích 1. 2. 2011, první měření.

Midpt Dp (nm)	dN/dlogDp #/cm ³	Surface nm ² /cm ³	Volume nm ³ /cm ³	Mass μg/m ³	Density g/cm ³
6.04	7.18e+03	8.23e+05	8.28e+05	9.94e-04	1.20
6.98	4.30e+03	6.59e+05	7.66e+05	9.19e-04	1.20
8.06	7.89e+03	1.61e+06	2.16e+06	2.59e-03	1.20
9.31	1.79e+04	4.88e+06	7.58e+06	9.09e-03	1.20
10.75	2.13e+04	7.75e+06	1.39e+07	1.67e-02	1.20
12.41	1.81e+04	8.77e+06	1.81e+07	2.18e-02	1.20
14.33	1.67e+04	1.08e+07	2.58e+07	3.09e-02	1.20
16.55	1.72e+04	1.48e+07	4.07e+07	4.89e-02	1.20
19.11	1.73e+04	1.98e+07	6.31e+07	7.57e-02	1.20
22.07	1.70e+04	2.61e+07	9.59e+07	0.115	1.20
25.48	1.92e+04	3.92e+07	1.66e+08	0.200	1.20
29.43	2.37e+04	6.46e+07	3.17e+08	0.380	1.20
33.98	2.50e+04	9.08e+07	5.14e+08	0.617	1.20
39.24	2.31e+04	1.12e+08	7.30e+08	0.876	1.20
45.32	2.22e+04	1.43e+08	1.08e+09	1.30	1.20
52.33	2.24e+04	1.93e+08	1.68e+09	1.94	1.15
60.43	2.06e+04	2.36e+08	2.38e+09	2.62	1.10
69.78	1.68e+04	2.57e+08	2.98e+09	2.98	1.00
80.58	1.63e+04	3.32e+08	4.46e+09	4.24	0.950
93.06	1.92e+04	5.21e+08	8.09e+09	7.28	0.900
107.46	2.53e+04	9.16e+08	1.64e+10	13.9	0.850
124.09	3.46e+04	1.67e+09	3.46e+10	27.7	0.800
143.30	3.89e+04	2.51e+09	5.99e+10	44.9	0.750
165.48	3.82e+04	3.29e+09	9.07e+10	63.5	0.700
191.10	3.30e+04	3.78e+09	1.21e+11	78.3	0.650
220.67	2.31e+04	3.54e+09	1.30e+11	78.1	0.600
254.83	1.52e+04	3.09e+09	1.31e+11	72.2	0.550
294.27	9.06e+03	2.46e+09	1.21e+11	60.4	0.500
339.82	5.01e+03	1.82e+09	1.03e+11	46.3	0.450
392.42	3.01e+03	1.46e+09	9.53e+10	38.1	0.400
453.16	1.75e+03	1.13e+09	8.53e+10	29.8	0.350
523.30	1.22e+03	1.05e+09	9.18e+10	27.5	0.300
Median (nm)	60.7	207.2	259.1	226.6	---
Mean (nm)	92.4	229.6	282.2	249.3	---
Geo. Mean (nm)	56.4	202.9	256.7	225.5	---
Mode (nm)	143.30	191.10	254.83	191.10	---
Geo.Std.Dev.	2.94	1.70	1.57	1.59	---
Total	3.64e+04	1.80e+09	6.89e+10	37.7	---

Tabulka č. 4 : Naměřené střední hodnoty jednotlivých velikostních kanálů v Radvanicích 1. 2. 2011, druhé měření.

Midpt Dp (nm)	dN/dlogDp #/cm ³	Surface nm ² /cm ³	Volume nm ³ /cm ³	Mass μg/m ³	Density g/cm ³
6.04	8.62e+03	9.87e+05	9.94e+05	1.19e-03	1.20
6.98	3.46e+03	5.30e+05	6.17e+05	7.40e-04	1.20
8.06	3.11e+03	6.36e+05	8.54e+05	1.02e-03	1.20
9.31	7.57e+03	2.06e+06	3.20e+06	3.84e-03	1.20
10.75	1.06e+04	3.86e+06	6.92e+06	8.31e-03	1.20
12.41	1.23e+04	5.98e+06	1.24e+07	1.48e-02	1.20
14.33	1.41e+04	9.13e+06	2.18e+07	2.62e-02	1.20
16.55	1.60e+04	1.38e+07	3.80e+07	4.57e-02	1.20
19.11	1.82e+04	2.09e+07	6.66e+07	7.99e-02	1.20
22.07	2.07e+04	3.17e+07	1.17e+08	0.140	1.20
25.48	2.35e+04	4.78e+07	2.03e+08	0.244	1.20
29.43	2.64e+04	7.17e+07	3.52e+08	0.422	1.20
33.98	2.54e+04	9.20e+07	5.21e+08	0.625	1.20
39.24	2.04e+04	9.88e+07	6.46e+08	0.776	1.20
45.32	1.77e+04	1.14e+08	8.61e+08	1.03	1.20
52.33	1.70e+04	1.47e+08	1.28e+09	1.47	1.15
60.43	1.52e+04	1.75e+08	1.76e+09	1.94	1.10
69.78	1.23e+04	1.88e+08	2.18e+09	2.18	1.00
80.58	1.40e+04	2.87e+08	3.85e+09	3.66	0.950
93.06	2.06e+04	5.60e+08	8.68e+09	7.81	0.900
107.46	3.22e+04	1.17e+09	2.09e+10	17.8	0.850
124.09	4.89e+04	2.36e+09	4.89e+10	39.1	0.800
143.30	5.62e+04	3.63e+09	8.66e+10	64.9	0.750
165.48	5.42e+04	4.66e+09	1.28e+11	89.9	0.700
191.10	4.56e+04	5.24e+09	1.67e+11	108.4	0.650
220.67	3.06e+04	4.69e+09	1.72e+11	103.4	0.600
254.83	1.90e+04	3.87e+09	1.64e+11	90.4	0.550
294.27	1.06e+04	2.88e+09	1.41e+11	70.7	0.500
339.82	5.17e+03	1.88e+09	1.06e+11	47.8	0.450
392.42	2.67e+03	1.29e+09	8.43e+10	33.7	0.400
453.16	1.16e+03	7.45e+08	5.63e+10	19.7	0.350
523.30	641.7	5.52e+08	4.82e+10	14.4	0.300
Median (nm)	100.1	197.9	233.7	212.0	---
Mean (nm)	105.7	214.6	254.4	230.0	---
Geo. Mean (nm)	69.6	194.9	234.6	212.1	---
Mode (nm)	143.30	191.10	220.67	191.10	---
Geo.Std.Dev.	2.79	1.59	1.51	1.51	---
Total	3.84e+04	2.18e+09	7.78e+10	45.1	---

Tabulka č. 5: Naměřené střední hodnoty jednotlivých velikostních kanálů v Mariánských Horách 30. 3. 2011, první měření.

Midpt Dp (nm)	dN/dlogDp #/cm ³	Surface nm ² /cm ³	Volume nm ³ /cm ³	Mass μg/m ³	Density g/cm ³
6.04	5.73e+03	6.57e+05	6.61e+05	7.93e-04	1.20
6.98	639.2	9.78e+04	1.14e+05	1.37e-04	1.20
8.06	2.04e+03	4.16e+05	5.58e+05	6.70e-04	1.20
9.31	9.92e+03	2.70e+06	4.19e+06	5.03e-03	1.20
10.75	1.23e+04	4.46e+06	8.00e+06	9.60e-03	1.20
12.41	9.17e+03	4.44e+06	9.17e+06	1.10e-02	1.20
14.33	7.48e+03	4.82e+06	1.15e+07	1.38e-02	1.20
16.55	7.23e+03	6.22e+06	1.72e+07	2.06e-02	1.20
19.11	7.07e+03	8.11e+06	2.58e+07	3.10e-02	1.20
22.07	6.99e+03	1.07e+07	3.94e+07	4.72e-02	1.20
25.48	8.90e+03	1.81e+07	7.70e+07	9.25e-02	1.20
29.43	1.28e+04	3.48e+07	1.71e+08	0.205	1.20
33.98	1.50e+04	5.43e+07	3.07e+08	0.369	1.20
39.24	1.55e+04	7.48e+07	4.89e+08	0.587	1.20
45.32	1.66e+04	1.07e+08	8.11e+08	0.974	1.20
52.33	1.85e+04	1.59e+08	1.39e+09	1.60	1.15
60.43	1.90e+04	2.18e+08	2.20e+09	2.42	1.10
69.78	1.82e+04	2.78e+08	3.24e+09	3.24	1.00
80.58	1.70e+04	3.46e+08	4.64e+09	4.41	0.950
93.06	1.53e+04	4.17e+08	6.47e+09	5.82	0.900
107.46	1.49e+04	5.40e+08	9.67e+09	8.22	0.850
124.09	1.56e+04	7.55e+08	1.56e+10	12.5	0.800
143.30	1.55e+04	9.97e+08	2.38e+10	17.9	0.750
165.48	1.44e+04	1.24e+09	3.42e+10	23.9	0.700
191.10	1.21e+04	1.39e+09	4.42e+10	28.7	0.650
220.67	8.56e+03	1.31e+09	4.82e+10	28.9	0.600
254.83	5.66e+03	1.15e+09	4.90e+10	27.0	0.550
294.27	3.39e+03	9.23e+08	4.52e+10	22.6	0.500
339.82	1.87e+03	6.80e+08	3.85e+10	17.3	0.450
392.42	1.11e+03	5.35e+08	3.50e+10	14.0	0.400
453.16	624.0	4.03e+08	3.04e+10	10.6	0.350
523.30	430.1	3.70e+08	3.23e+10	9.68	0.300
Median (nm)	58.2	193.0	250.8	216.4	---
Mean (nm)	81.1	212.2	272.0	236.6	---
Geo. Mean (nm)	53.3	181.8	243.4	209.3	---
Mode (nm)	60.43	191.10	254.83	220.67	---
Geo.Std.Dev.	2.66	1.81	1.64	1.68	---
Total	2.00e+04	7.53e+08	2.66e+10	15.1	---

Tabulka č. 6: Naměřené střední hodnoty jednotlivých velikostních kanálů v Mariánských Horách 30. 3. 2011, druhé měření.

Midpt Dp (nm)	dN/dlogDp #/cm ³	Surface nm ² /cm ³	Volume nm ³ /cm ³	Mass µg/m ³	Density g/cm ³
6.04	7.57e+03	8.68e+05	8.74e+05	1.05e-03	1.20
6.98	4.62e+03	7.07e+05	8.22e+05	9.87e-04	1.20
8.06	7.07e+03	1.44e+06	1.94e+06	2.33e-03	1.20
9.31	1.49e+04	4.07e+06	6.31e+06	7.57e-03	1.20
10.75	1.73e+04	6.29e+06	1.13e+07	1.35e-02	1.20
12.41	1.42e+04	6.89e+06	1.43e+07	1.71e-02	1.20
14.33	1.33e+04	8.59e+06	2.05e+07	2.46e-02	1.20
16.55	1.45e+04	1.25e+07	3.44e+07	4.13e-02	1.20
19.11	1.53e+04	1.76e+07	5.59e+07	6.71e-02	1.20
22.07	1.57e+04	2.40e+07	8.83e+07	0.106	1.20
25.48	1.81e+04	3.69e+07	1.57e+08	0.188	1.20
29.43	2.25e+04	6.11e+07	3.00e+08	0.360	1.20
33.98	2.55e+04	9.25e+07	5.24e+08	0.629	1.20
39.24	2.72e+04	1.32e+08	8.62e+08	1.03	1.20
45.32	2.98e+04	1.92e+08	1.45e+09	1.74	1.20
52.33	3.32e+04	2.86e+08	2.49e+09	2.87	1.15
60.43	3.57e+04	4.09e+08	4.12e+09	4.54	1.10
69.78	3.72e+04	5.70e+08	6.62e+09	6.62	1.00
80.58	3.56e+04	7.26e+08	9.75e+09	9.27	0.950
93.06	3.08e+04	8.38e+08	1.30e+10	11.7	0.900
107.46	2.62e+04	9.51e+08	1.70e+10	14.5	0.850
124.09	2.19e+04	1.06e+09	2.19e+10	17.5	0.800
143.30	1.86e+04	1.20e+09	2.87e+10	21.5	0.750
165.48	1.64e+04	1.41e+09	3.89e+10	27.2	0.700
191.10	1.31e+04	1.50e+09	4.78e+10	31.1	0.650
220.67	8.66e+03	1.33e+09	4.87e+10	29.2	0.600
254.83	5.23e+03	1.07e+09	4.53e+10	24.9	0.550
294.27	2.79e+03	7.59e+08	3.72e+10	18.6	0.500
339.82	1.25e+03	4.54e+08	2.57e+10	11.6	0.450
392.42	611.9	2.96e+08	1.94e+10	7.74	0.400
453.16	236.7	1.53e+08	1.15e+10	4.04	0.350
523.30	124.7	1.07e+08	9.36e+09	2.81	0.300
Median (nm)	53.4	158.1	207.0	182.8	---
Mean (nm)	68.5	171.2	222.3	194.8	---
Geo. Mean (nm)	47.4	145.9	197.5	171.5	---
Mode (nm)	69.78	191.10	220.67	191.10	---
Geo.Std.Dev.	2.49	1.82	1.66	1.69	---
Total	3.35e+04	8.57e+08	2.44e+10	15.6	---

Tabulka č. 7: Naměřené střední hodnoty jednotlivých velikostních kanálů v Radvanicích 30. 3. 2011, první měření.

Midpt Dp (nm)	dN/dlogDp #/cm ³	Surface nm ² /cm ³	Volume nm ³ /cm ³	Mass µg/m ³	Density g/cm ³
6.04	8.27e+03	9.47e+05	9.54e+05	9.54e-04	1.00
6.98	6.56e+03	1.00e+06	1.17e+06	1.17e-03	1.00
8.06	1.91e+04	3.89e+06	5.22e+06	5.22e-03	1.00
9.31	4.57e+04	1.25e+07	1.93e+07	1.93e-02	1.00
10.75	5.52e+04	2.01e+07	3.59e+07	3.59e-02	1.00
12.41	4.76e+04	2.30e+07	4.76e+07	4.76e-02	1.00
14.33	4.59e+04	2.96e+07	7.07e+07	7.07e-02	1.00
16.55	5.02e+04	4.32e+07	1.19e+08	0.119	1.00
19.11	4.77e+04	5.48e+07	1.74e+08	0.174	1.00
22.07	3.84e+04	5.88e+07	2.16e+08	0.216	1.00
25.48	3.02e+04	6.16e+07	2.62e+08	0.262	1.00
29.43	2.30e+04	6.26e+07	3.07e+08	0.307	1.00
33.98	1.67e+04	6.04e+07	3.42e+08	0.342	1.00
39.24	1.12e+04	5.42e+07	3.55e+08	0.355	1.00
45.32	8.33e+03	5.37e+07	4.06e+08	0.406	1.00
52.33	8.03e+03	6.91e+07	6.02e+08	0.602	1.00
60.43	7.51e+03	8.62e+07	8.68e+08	0.868	1.00
69.78	6.78e+03	1.04e+08	1.21e+09	1.21	1.00
80.58	6.54e+03	1.33e+08	1.79e+09	1.79	1.00
93.06	6.79e+03	1.85e+08	2.87e+09	2.87	1.00
107.46	8.20e+03	2.97e+08	5.33e+09	5.33	1.00
124.09	1.08e+04	5.20e+08	1.08e+10	10.8	1.00
143.30	1.28e+04	8.24e+08	1.97e+10	19.7	1.00
165.48	1.42e+04	1.23e+09	3.38e+10	33.8	1.00
191.10	1.30e+04	1.49e+09	4.76e+10	47.6	1.00
220.67	9.11e+03	1.39e+09	5.13e+10	51.3	1.00
254.83	5.87e+03	1.20e+09	5.08e+10	50.8	1.00
294.27	3.30e+03	8.97e+08	4.40e+10	44.0	1.00
339.82	1.64e+03	5.95e+08	3.37e+10	33.7	1.00
392.42	891.7	4.31e+08	2.82e+10	28.2	1.00
453.16	438.9	2.83e+08	2.14e+10	21.4	1.00
523.30	281.3	2.42e+08	2.11e+10	21.1	1.00
Median (nm)	18.2	201.8	245.4	245.4	---
Mean (nm)	44.0	215.3	266.4	266.4	---
Geo. Mean (nm)	24.1	184.0	243.3	243.3	---
Mode (nm)	10.75	191.10	220.67	220.67	---
Geo.Std.Dev.	2.64	1.91	1.57	1.57	---
Total	3.56e+04	6.57e+08	2.36e+10	23.6	---

Tabulka č. 8: Naměřené střední hodnoty jednotlivých velikostních kanálů v Radvanicích 30. 3. 2011, druhé měření.

Midpt Dp (nm)	dN/dlogDp #/cm ³	Surface nm ² /cm ³	Volume nm ³ /cm ³	Mass μg/m ³	Density g/cm ³
6.04	4.90e+03	5.62e+05	5.66e+05	6.79e-04	1.20
6.98	3.31e+03	5.06e+05	5.89e+05	7.07e-04	1.20
8.06	1.15e+04	2.34e+06	3.14e+06	3.77e-03	1.20
9.31	2.93e+04	7.99e+06	1.24e+07	1.49e-02	1.20
10.75	3.61e+04	1.31e+07	2.35e+07	2.82e-02	1.20
12.41	3.17e+04	1.53e+07	3.17e+07	3.81e-02	1.20
14.33	3.32e+04	2.14e+07	5.11e+07	6.14e-02	1.20
16.55	4.05e+04	3.49e+07	9.62e+07	0.115	1.20
19.11	4.34e+04	4.98e+07	1.59e+08	0.190	1.20
22.07	4.17e+04	6.39e+07	2.35e+08	0.282	1.20
25.48	3.71e+04	7.56e+07	3.21e+08	0.385	1.20
29.43	2.94e+04	8.01e+07	3.93e+08	0.471	1.20
33.98	2.21e+04	8.02e+07	4.54e+08	0.545	1.20
39.24	1.51e+04	7.32e+07	4.79e+08	0.574	1.20
45.32	1.10e+04	7.10e+07	5.36e+08	0.643	1.20
52.33	9.73e+03	8.37e+07	7.30e+08	0.839	1.15
60.43	8.60e+03	9.87e+07	9.94e+08	1.09	1.10
69.78	7.63e+03	1.17e+08	1.36e+09	1.36	1.00
80.58	7.24e+03	1.48e+08	1.98e+09	1.89	0.950
93.06	7.45e+03	2.03e+08	3.14e+09	2.83	0.900
107.46	8.41e+03	3.05e+08	5.46e+09	4.64	0.850
124.09	1.01e+04	4.90e+08	1.01e+10	8.11	0.800
143.30	1.13e+04	7.31e+08	1.75e+10	13.1	0.750
165.48	1.20e+04	1.04e+09	2.86e+10	20.0	0.700
191.10	1.06e+04	1.22e+09	3.88e+10	25.2	0.650
220.67	7.10e+03	1.09e+09	4.00e+10	24.0	0.600
254.83	4.35e+03	8.88e+08	3.77e+10	20.7	0.550
294.27	2.38e+03	6.47e+08	3.17e+10	15.9	0.500
339.82	1.13e+03	4.11e+08	2.33e+10	10.5	0.450
392.42	615.3	2.98e+08	1.95e+10	7.79	0.400
453.16	304.9	1.97e+08	1.49e+10	5.20	0.350
523.30	200.8	1.73e+08	1.51e+10	4.52	0.300
Median (nm)	21.8	190.9	234.0	209.9	---
Mean (nm)	45.3	202.0	256.1	227.0	---
Geo. Mean (nm)	27.0	169.6	231.6	203.3	---
Mode (nm)	19.11	191.10	220.67	191.10	---
Geo.Std.Dev.	2.51	1.97	1.61	1.66	---
Total	3.12e+04	5.45e+08	1.83e+10	10.7	---

Tabulka č. 9: Naměřené střední hodnoty jednotlivých velikostních kanálů v Mariánských Horách 7. 9. 2011, první měření.

Midpt Dp (nm)	dN/dlogDp #/cm ³	Surface nm ² /cm ³	Volume nm ³ /cm ³	Mass μg/m ³	Density g/cm ³
6.04	1.52e+03	1.74e+05	1.75e+05	2.10e-04	1.20
6.98	1.03e+03	1.58e+05	1.83e+05	2.20e-04	1.20
8.06	5.66e+03	1.15e+06	1.55e+06	1.86e-03	1.20
9.31	1.54e+04	4.19e+06	6.51e+06	7.81e-03	1.20
10.75	1.74e+04	6.31e+06	1.13e+07	1.36e-02	1.20
12.41	1.16e+04	5.63e+06	1.16e+07	1.40e-02	1.20
14.33	8.94e+03	5.77e+06	1.38e+07	1.65e-02	1.20
16.55	9.30e+03	8.00e+06	2.21e+07	2.65e-02	1.20
19.11	9.74e+03	1.12e+07	3.56e+07	4.27e-02	1.20
22.07	1.03e+04	1.57e+07	5.78e+07	6.93e-02	1.20
25.48	1.24e+04	2.53e+07	1.07e+08	0.129	1.20
29.43	1.62e+04	4.40e+07	2.16e+08	0.259	1.20
33.98	1.80e+04	6.54e+07	3.70e+08	0.444	1.20
39.24	1.80e+04	8.68e+07	5.68e+08	0.682	1.20
45.32	1.77e+04	1.14e+08	8.62e+08	1.03	1.20
52.33	1.72e+04	1.48e+08	1.29e+09	1.49	1.15
60.43	1.60e+04	1.84e+08	1.85e+09	2.04	1.10
69.78	1.41e+04	2.16e+08	2.51e+09	2.51	1.00
80.58	1.26e+04	2.57e+08	3.46e+09	3.28	0.950
93.06	1.16e+04	3.15e+08	4.89e+09	4.40	0.900
107.46	1.01e+04	3.68e+08	6.58e+09	5.60	0.850
124.09	8.27e+03	4.00e+08	8.28e+09	6.62	0.800
143.30	6.24e+03	4.03e+08	9.62e+09	7.21	0.750
165.48	4.04e+03	3.48e+08	9.59e+09	6.71	0.700
191.10	2.38e+03	2.73e+08	8.69e+09	5.65	0.650
220.67	1.25e+03	1.92e+08	7.05e+09	4.23	0.600
254.83	543.4	1.11e+08	4.71e+09	2.59	0.550
294.27	247.9	6.74e+07	3.31e+09	1.65	0.500
339.82	80.7	2.93e+07	1.66e+09	0.746	0.450
392.42	41.9	2.03e+07	1.33e+09	0.530	0.400
453.16	20.2	1.30e+07	9.82e+08	0.344	0.350
523.30	15.5	1.33e+07	1.16e+09	0.349	0.300
Median (nm)	37.1	115.5	151.9	135.6	---
Mean (nm)	49.6	126.7	169.1	147.9	---
Geo. Mean (nm)	35.1	107.2	147.7	129.3	---
Mode (nm)	33.98	143.30	143.30	143.30	---
Geo.Std.Dev.	2.35	1.84	1.70	1.71	---
Total	1.74e+04	2.34e+08	4.95e+09	3.67	---

Tabulka č. 10 : Naměřené střední hodnoty jednotlivých velikostních kanálů v Mariánských Horách 7. 9. 2011, druhé měření.

Midpt Dp (nm)	dN/dlogDp #/cm ³	Surface nm ² /cm ³	Volume nm ³ /cm ³	Mass µg/m ³	Density g/cm ³
6.04	3.47e+03	3.98e+05	4.00e+05	4.80e-04	1.20
6.98	1.20e+03	1.84e+05	2.14e+05	2.57e-04	1.20
8.06	5.35e+03	1.09e+06	1.47e+06	1.76e-03	1.20
9.31	1.59e+04	4.33e+06	6.73e+06	8.07e-03	1.20
10.75	2.01e+04	7.31e+06	1.31e+07	1.57e-02	1.20
12.41	1.80e+04	8.69e+06	1.80e+07	2.16e-02	1.20
14.33	2.03e+04	1.31e+07	3.12e+07	3.75e-02	1.20
16.55	2.71e+04	2.33e+07	6.42e+07	7.71e-02	1.20
19.11	3.33e+04	3.81e+07	1.22e+08	0.146	1.20
22.07	3.89e+04	5.95e+07	2.19e+08	0.262	1.20
25.48	4.77e+04	9.73e+07	4.13e+08	0.496	1.20
29.43	5.98e+04	1.63e+08	7.98e+08	0.958	1.20
33.98	6.16e+04	2.24e+08	1.27e+09	1.52	1.20
39.24	5.32e+04	2.57e+08	1.68e+09	2.02	1.20
45.32	4.36e+04	2.82e+08	2.13e+09	2.55	1.20
52.33	3.30e+04	2.84e+08	2.47e+09	2.84	1.15
60.43	2.45e+04	2.81e+08	2.83e+09	3.12	1.10
69.78	1.83e+04	2.80e+08	3.26e+09	3.26	1.00
80.58	1.48e+04	3.02e+08	4.05e+09	3.85	0.950
93.06	1.39e+04	3.78e+08	5.87e+09	5.28	0.900
107.46	1.31e+04	4.74e+08	8.50e+09	7.22	0.850
124.09	1.23e+04	5.95e+08	1.23e+10	9.85	0.800
143.30	1.03e+04	6.67e+08	1.59e+10	11.9	0.750
165.48	7.15e+03	6.15e+08	1.70e+10	11.9	0.700
191.10	4.45e+03	5.11e+08	1.63e+10	10.6	0.650
220.67	2.24e+03	3.42e+08	1.26e+10	7.56	0.600
254.83	829.2	1.69e+08	7.18e+09	3.95	0.550
294.27	227.1	6.18e+07	3.03e+09	1.51	0.500
339.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.450
392.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.400
453.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.350
523.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.300
Median (nm)	32.6	112.2	150.5	137.1	---
Mean (nm)	43.4	115.3	150.7	137.2	---
Geo. Mean (nm)	33.3	95.5	135.2	120.5	---
Mode (nm)	33.98	143.30	165.48	143.30	---
Geo.Std.Dev.	2.03	1.94	1.67	1.74	---
Total	3.78e+04	3.84e+08	7.38e+09	5.69	---

Tabulka č. 11 : Naměřené střední hodnoty jednotlivých velikostních kanálů v Radvanicích 7. 9. 2011, první měření.

Midpt Dp (nm)	dN/dlogDp #/cm ³	Surface nm ² /cm ³	Volume nm ³ /cm ³	Mass μg/m ³	Density g/cm ³
6.04	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20
6.98	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20
8.06	9.70e+03	1.98e+06	2.66e+06	3.19e-03	1.20
9.31	3.05e+04	8.29e+06	1.29e+07	1.54e-02	1.20
10.75	3.90e+04	1.42e+07	2.54e+07	3.04e-02	1.20
12.41	3.53e+04	1.71e+07	3.53e+07	4.24e-02	1.20
14.33	3.64e+04	2.35e+07	5.60e+07	6.72e-02	1.20
16.55	4.21e+04	3.62e+07	9.99e+07	0.120	1.20
19.11	4.52e+04	5.19e+07	1.65e+08	0.198	1.20
22.07	4.58e+04	7.01e+07	2.58e+08	0.309	1.20
25.48	4.89e+04	9.97e+07	4.23e+08	0.508	1.20
29.43	5.45e+04	1.48e+08	7.27e+08	0.872	1.20
33.98	5.47e+04	1.98e+08	1.12e+09	1.35	1.20
39.24	4.95e+04	2.40e+08	1.57e+09	1.88	1.20
45.32	4.40e+04	2.84e+08	2.14e+09	2.57	1.20
52.33	3.81e+04	3.28e+08	2.86e+09	3.29	1.15
60.43	3.16e+04	3.63e+08	3.66e+09	4.02	1.10
69.78	2.45e+04	3.75e+08	4.36e+09	4.36	1.00
80.58	1.83e+04	3.74e+08	5.02e+09	4.77	0.950
93.06	1.31e+04	3.55e+08	5.51e+09	4.96	0.900
107.46	9.03e+03	3.28e+08	5.87e+09	4.99	0.850
124.09	6.24e+03	3.02e+08	6.24e+09	4.99	0.800
143.30	4.14e+03	2.67e+08	6.37e+09	4.78	0.750
165.48	2.73e+03	2.35e+08	6.48e+09	4.54	0.700
191.10	1.66e+03	1.90e+08	6.06e+09	3.94	0.650
220.67	917.6	1.40e+08	5.16e+09	3.10	0.600
254.83	438.9	8.95e+07	3.80e+09	2.09	0.550
294.27	221.5	6.03e+07	2.96e+09	1.48	0.500
339.82	101.8	3.69e+07	2.09e+09	0.942	0.450
392.42	79.9	3.87e+07	2.53e+09	1.01	0.400
453.16	60.3	3.89e+07	2.94e+09	1.03	0.350
523.30	43.1	3.71e+07	3.23e+09	0.970	0.300
Median (nm)	28.3	78.8	136.1	107.2	---
Mean (nm)	36.2	103.3	172.2	135.1	---
Geo. Mean (nm)	28.3	79.2	134.4	106.9	---
Mode (nm)	33.98	69.78	165.48	124.09	---
Geo.Std.Dev.	1.99	2.07	2.05	1.99	---
Total	4.29e+04	2.97e+08	5.11e+09	3.95	---

Tabulka č. 12 : Naměřené střední hodnoty jednotlivých velikostních kanálů v Radvanicích 7. 9. 2011, druhé měření .

Midpt Dp (nm)	dN/dlogDp #/cm ³	Surface nm ² /cm ³	Volume nm ³ /cm ³	Mass μg/m ³	Density g/cm ³
6.04	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20
6.98	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20
8.06	1.04e+04	2.12e+06	2.85e+06	3.43e-03	1.20
9.31	3.62e+04	9.85e+06	1.53e+07	1.83e-02	1.20
10.75	4.84e+04	1.76e+07	3.15e+07	3.78e-02	1.20
12.41	4.71e+04	2.28e+07	4.71e+07	5.65e-02	1.20
14.33	5.42e+04	3.50e+07	8.35e+07	0.100	1.20
16.55	6.97e+04	6.00e+07	1.65e+08	0.198	1.20
19.11	8.12e+04	9.32e+07	2.97e+08	0.356	1.20
22.07	8.89e+04	1.36e+08	5.00e+08	0.600	1.20
25.48	1.05e+05	2.15e+08	9.12e+08	1.09	1.20
29.43	1.31e+05	3.55e+08	1.74e+09	2.09	1.20
33.98	1.32e+05	4.78e+08	2.70e+09	3.25	1.20
39.24	1.09e+05	5.26e+08	3.44e+09	4.13	1.20
45.32	8.43e+04	5.44e+08	4.11e+09	4.93	1.20
52.33	5.81e+04	5.00e+08	4.36e+09	5.01	1.15
60.43	3.80e+04	4.36e+08	4.40e+09	4.83	1.10
69.78	2.42e+04	3.70e+08	4.30e+09	4.30	1.00
80.58	1.53e+04	3.12e+08	4.19e+09	3.98	0.950
93.06	1.13e+04	3.07e+08	4.77e+09	4.29	0.900
107.46	8.61e+03	3.12e+08	5.59e+09	4.75	0.850
124.09	7.21e+03	3.49e+08	7.22e+09	5.77	0.800
143.30	5.52e+03	3.56e+08	8.50e+09	6.38	0.750
165.48	3.52e+03	3.03e+08	8.35e+09	5.84	0.700
191.10	1.98e+03	2.27e+08	7.22e+09	4.69	0.650
220.67	893.6	1.37e+08	5.03e+09	3.02	0.600
254.83	259.6	5.30e+07	2.25e+09	1.24	0.550
294.27	74.6	2.03e+07	9.95e+08	0.497	0.500
339.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.450
392.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.400
453.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.350
523.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.300
Median (nm)	28.9	58.3	112.9	89.2	---
Mean (nm)	33.5	78.9	117.4	102.4	---
Geo. Mean (nm)	28.0	62.7	98.2	84.5	---
Mode (nm)	33.98	45.32	143.30	143.30	---
Geo.Std.Dev.	1.80	1.98	1.89	1.91	---
Total	7.32e+04	3.86e+08	5.08e+09	4.47	---

Tabulka č. 13. : Naměřené střední hodnoty jednotlivých velikostních kanálů v Radvanicích 22. 3. 2012, první měření.

Midpt Dp (nm)	dN/dlogDp #/cm ³	Surface nm ² /cm ³	Volume nm ³ /cm ³	Mass μg/m ³	Density g/cm ³
6.04	7.14e+03	8.18e+05	8.23e+05	9.88e-04	1.20
6.98	2.27e+03	3.47e+05	4.04e+05	4.85e-04	1.20
8.06	5.92e+03	1.21e+06	1.62e+06	1.95e-03	1.20
9.31	1.81e+04	4.93e+06	7.64e+06	9.17e-03	1.20
10.75	1.99e+04	7.22e+06	1.29e+07	1.55e-02	1.20
12.41	1.13e+04	5.46e+06	1.13e+07	1.36e-02	1.20
14.33	6.08e+03	3.92e+06	9.37e+06	1.12e-02	1.20
16.55	4.27e+03	3.68e+06	1.01e+07	1.22e-02	1.20
19.11	2.79e+03	3.20e+06	1.02e+07	1.22e-02	1.20
22.07	1.62e+03	2.48e+06	9.14e+06	1.10e-02	1.20
25.48	1.34e+03	2.73e+06	1.16e+07	1.39e-02	1.20
29.43	1.93e+03	5.26e+06	2.58e+07	3.10e-02	1.20
33.98	2.63e+03	9.55e+06	5.41e+07	6.49e-02	1.20
39.24	3.44e+03	1.66e+07	1.09e+08	0.130	1.20
45.32	4.75e+03	3.07e+07	2.32e+08	0.278	1.20
52.33	6.58e+03	5.66e+07	4.94e+08	0.568	1.15
60.43	8.10e+03	9.29e+07	9.36e+08	1.03	1.10
69.78	9.31e+03	1.42e+08	1.66e+09	1.66	1.00
80.58	9.75e+03	1.99e+08	2.67e+09	2.54	0.950
93.06	9.45e+03	2.57e+08	3.99e+09	3.59	0.900
107.46	9.19e+03	3.34e+08	5.97e+09	5.08	0.850
124.09	8.99e+03	4.35e+08	8.99e+09	7.19	0.800
143.30	8.11e+03	5.23e+08	1.25e+10	9.37	0.750
165.48	6.55e+03	5.64e+08	1.55e+10	10.9	0.700
191.10	4.88e+03	5.60e+08	1.78e+10	11.6	0.650
220.67	3.09e+03	4.73e+08	1.74e+10	10.4	0.600
254.83	1.82e+03	3.70e+08	1.57e+10	8.65	0.550
294.27	1.05e+03	2.84e+08	1.39e+10	6.97	0.500
339.82	553.8	2.01e+08	1.14e+10	5.12	0.450
392.42	340.8	1.65e+08	1.08e+10	4.31	0.400
453.16	201.2	1.30e+08	9.80e+09	3.43	0.350
523.30	135.1	1.16e+08	1.01e+10	3.04	0.300
Median (nm)	45.2	169.8	222.5	191.4	---
Mean (nm)	64.9	192.3	250.4	215.5	---
Geo. Mean (nm)	35.5	165.4	221.2	189.9	---
Mode (nm)	10.75	165.48	191.10	191.10	---
Geo.Std.Dev.	3.21	1.78	1.67	1.67	---
Total	1.13e+04	3.13e+08	1.00e+10	6.00	---

Tabulka č. 14 : Naměřené střední hodnoty jednotlivých velikostních kanálů v Radvanicích 22. 3. 2012, druhé měření.

Midpt Dp (nm)	dN/dlogDp #/cm ³	Surface nm ² /cm ³	Volume nm ³ /cm ³	Mass µg/m ³	Density g/cm ³
6.04	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20
6.98	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20
8.06	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20
9.31	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20
10.75	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20
12.41	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20
14.33	434.4	2.80e+05	6.69e+05	8.03e-04	1.20
16.55	658.6	5.67e+05	1.56e+06	1.88e-03	1.20
19.11	593.5	6.81e+05	2.17e+06	2.60e-03	1.20
22.07	239.1	3.66e+05	1.35e+06	1.62e-03	1.20
25.48	299.6	6.11e+05	2.60e+06	3.11e-03	1.20
29.43	775.1	2.11e+06	1.03e+07	1.24e-02	1.20
33.98	1.47e+03	5.33e+06	3.02e+07	3.62e-02	1.20
39.24	2.38e+03	1.15e+07	7.54e+07	9.04e-02	1.20
45.32	3.74e+03	2.42e+07	1.82e+08	0.219	1.20
52.33	5.56e+03	4.78e+07	4.17e+08	0.479	1.15
60.43	6.99e+03	8.02e+07	8.08e+08	0.888	1.10
69.78	8.05e+03	1.23e+08	1.43e+09	1.43	1.00
80.58	8.46e+03	1.72e+08	2.32e+09	2.20	0.950
93.06	8.22e+03	2.24e+08	3.47e+09	3.12	0.900
107.46	8.30e+03	3.01e+08	5.40e+09	4.59	0.850
124.09	8.70e+03	4.21e+08	8.70e+09	6.96	0.800
143.30	8.62e+03	5.56e+08	1.33e+10	9.96	0.750
165.48	8.07e+03	6.94e+08	1.92e+10	13.4	0.700
191.10	6.75e+03	7.75e+08	2.47e+10	16.0	0.650
220.67	4.66e+03	7.14e+08	2.62e+10	15.7	0.600
254.83	2.97e+03	6.05e+08	2.57e+10	14.1	0.550
294.27	1.66e+03	4.51e+08	2.21e+10	11.1	0.500
339.82	804.6	2.92e+08	1.65e+10	7.44	0.450
392.42	401.8	1.94e+08	1.27e+10	5.09	0.400
453.16	156.7	1.01e+08	7.64e+09	2.67	0.350
523.30	69.4	5.97e+07	5.21e+09	1.56	0.300
Median (nm)	103.3	187.7	227.9	204.4	---
Mean (nm)	118.6	200.9	243.7	218.6	---
Geo. Mean (nm)	100.2	180.1	222.6	198.9	---
Mode (nm)	124.09	191.10	220.67	191.10	---
Geo.Std.Dev.	1.82	1.62	1.55	1.57	---
Total	6.19e+03	3.66e+08	1.23e+10	7.32	---

Tabulka č. 15 : Naměřené střední hodnoty jednotlivých velikostních kanálů v Mariánských Horách 22. 3. 2011, první měření.

Midpt Dp (nm)	dN/dlogDp #/cm ³	Surface nm ² /cm ³	Volume nm ³ /cm ³	Mass μg/m ³	Density g/cm ³
6.04	1.31e+03	1.50e+05	1.51e+05	1.81e-04	1.20
6.98	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20
8.06	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20
9.31	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20
10.75	2.88e+03	1.05e+06	1.87e+06	2.25e-03	1.20
12.41	3.38e+03	1.63e+06	3.38e+06	4.06e-03	1.20
14.33	3.78e+03	2.44e+06	5.83e+06	6.99e-03	1.20
16.55	4.09e+03	3.52e+06	9.70e+06	1.16e-02	1.20
19.11	4.12e+03	4.73e+06	1.51e+07	1.81e-02	1.20
22.07	3.88e+03	5.94e+06	2.18e+07	2.62e-02	1.20
25.48	5.65e+03	1.15e+07	4.89e+07	5.87e-02	1.20
29.43	9.43e+03	2.57e+07	1.26e+08	0.151	1.20
33.98	1.15e+04	4.16e+07	2.36e+08	0.283	1.20
39.24	1.18e+04	5.69e+07	3.72e+08	0.446	1.20
45.32	1.23e+04	7.90e+07	5.97e+08	0.716	1.20
52.33	1.29e+04	1.11e+08	9.71e+08	1.12	1.15
60.43	1.28e+04	1.46e+08	1.47e+09	1.62	1.10
69.78	1.17e+04	1.79e+08	2.08e+09	2.08	1.00
80.58	1.08e+04	2.20e+08	2.95e+09	2.80	0.950
93.06	9.96e+03	2.71e+08	4.20e+09	3.78	0.900
107.46	9.44e+03	3.43e+08	6.14e+09	5.22	0.850
124.09	9.22e+03	4.46e+08	9.23e+09	7.38	0.800
143.30	8.35e+03	5.39e+08	1.29e+10	9.65	0.750
165.48	6.82e+03	5.86e+08	1.62e+10	11.3	0.700
191.10	5.13e+03	5.88e+08	1.87e+10	12.2	0.650
220.67	3.29e+03	5.03e+08	1.85e+10	11.1	0.600
254.83	1.94e+03	3.95e+08	1.68e+10	9.23	0.550
294.27	1.08e+03	2.94e+08	1.44e+10	7.20	0.500
339.82	532.7	1.93e+08	1.09e+10	4.93	0.450
392.42	296.5	1.43e+08	9.38e+09	3.75	0.400
453.16	146.6	9.46e+07	7.15e+09	2.50	0.350
523.30	83.2	7.16e+07	6.25e+09	1.87	0.300
Median (nm)	57.9	162.1	212.0	185.1	---
Mean (nm)	76.6	178.8	234.1	203.0	---
Geo. Mean (nm)	57.3	152.2	207.0	178.1	---
Mode (nm)	52.33	191.10	191.10	191.10	---
Geo.Std.Dev.	2.20	1.81	1.68	1.70	---
Total	1.12e+04	3.35e+08	9.98e+09	6.22	---

Tabulka č. 16: Naměřené střední hodnoty jednotlivých velikostních kanálů v Mariánských Horách 22. 3. 2012, druhé měření.

Midpt Dp (nm)	dN/dlogDp #/cm ³	Surface nm ² /cm ³	Volume nm ³ /cm ³	Mass µg/m ³	Density g/cm ³
6.04	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
6.98	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
8.06	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
9.31	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
10.75	3.19e+03	1.16e+06	2.07e+06	2.07e-03	1.00
12.41	3.42e+03	1.66e+06	3.42e+06	3.42e-03	1.00
14.33	3.67e+03	2.37e+06	5.66e+06	5.66e-03	1.00
16.55	3.95e+03	3.40e+06	9.37e+06	9.37e-03	1.00
19.11	3.65e+03	4.19e+06	1.34e+07	1.34e-02	1.00
22.07	2.80e+03	4.28e+06	1.57e+07	1.57e-02	1.00
25.48	2.86e+03	5.83e+06	2.48e+07	2.48e-02	1.00
29.43	3.84e+03	1.04e+07	5.12e+07	5.12e-02	1.00
33.98	4.69e+03	1.70e+07	9.64e+07	9.64e-02	1.00
39.24	5.42e+03	2.62e+07	1.72e+08	0.172	1.00
45.32	6.85e+03	4.42e+07	3.34e+08	0.334	1.00
52.33	8.96e+03	7.70e+07	6.72e+08	0.672	1.00
60.43	1.08e+04	1.23e+08	1.24e+09	1.24	1.00
69.78	1.23e+04	1.88e+08	2.18e+09	2.18	1.00
80.58	1.27e+04	2.59e+08	3.48e+09	3.48	1.00
93.06	1.20e+04	3.28e+08	5.08e+09	5.08	1.00
107.46	1.12e+04	4.08e+08	7.30e+09	7.30	1.00
124.09	1.03e+04	4.97e+08	1.03e+10	10.3	1.00
143.30	8.88e+03	5.73e+08	1.37e+10	13.7	1.00
165.48	7.07e+03	6.09e+08	1.68e+10	16.8	1.00
191.10	5.21e+03	5.97e+08	1.90e+10	19.0	1.00
220.67	3.27e+03	5.01e+08	1.84e+10	18.4	1.00
254.83	1.87e+03	3.80e+08	1.62e+10	16.2	1.00
294.27	979.9	2.67e+08	1.31e+10	13.1	1.00
339.82	417.9	1.52e+08	8.59e+09	8.59	1.00
392.42	178.9	8.65e+07	5.66e+09	5.66	1.00
453.16	35.4	2.28e+07	1.72e+09	1.72	1.00
523.30	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
Median (nm)	74.3	155.2	193.7	193.7	---
Mean (nm)	86.0	166.6	204.2	204.2	---
Geo. Mean (nm)	65.9	147.8	186.0	186.0	---
Mode (nm)	80.58	165.48	191.10	191.10	---
Geo.Std.Dev.	2.20	1.67	1.57	1.57	---
Total	9.41e+03	3.24e+08	9.00e+09	9.00	---